

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM**  
**Katonai Műszaki Doktori Iskola**

Antal Örs:

**Az árvizek és földrengések okozta katasztrófák káros hatásai  
elleni hatékony védekezés megvalósításának elméleti és  
műszaki kérdései a megelőzés időszakában**

Doktori (PhD) értekezés

**Témavezető:**

Dr. Hornyacsek Júlia alezredes  
egyetemi docens

**Budapest, 2017**

## TARTALOMJEGYZÉK

|  |    |
|--|----|
| BEVEZETÉS .....  | 5  |
| A témaválasztás indoklása, aktualitása .....   | 7  |
| Kutatási hipotézisek .....   | 8  |
| Kutatási célkitűzések .....  | 9  |
| Kutatási módszerek .....   | 10 |
| Az értekezés felépítése, a téma körülhatárolása és szűkítések .....  | 11 |
| Irodalmi áttekintés, a tudomány jelenlegi állása a témában .....   | 13 |
| 1. A KATASZTRÓFÁK MEGELŐZÉSÉNEK ELMÉLETI KÉRDÉSEI, ÉS<br>ELŐFORDULÁSUK VIZSGÁLATA A VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK<br>TÜKRÉBEN ..... | 20 |
| 1.1. A katasztrófa fogalmi értelmezése .....   | 20 |
| 1.2. Az egyes katasztrófatípusok kategorizálása .....  | 22 |
| 1.3. A megelőzés fogalmi értelmezése és feladatrendszere .....   | 25 |
| 1.4. A megelőzés helye a hazai és külföldi katasztrófavédelemben .....   | 26 |
| 1.5. A katasztrófák megelőzése történetének főbb állomásai .....   | 29 |
| 1.6. A megelőzés stratégiáinak elvi kérdései napjaink természeti fenyegetéseinek<br>tükrében .....                           | 31 |
| 1.7. A természeti katasztrófák előfordulása és területi eloszlása globális szinten .....                                     | 38 |
| 1.8. Hazánk veszélyeztetettsége a természeti katasztrófák előfordulása tükrében .....  | 43 |
| 1.8.1. Magyarország árvízi veszélyeztetettsége .....   | 43 |
| 1.8.2. A földrengések előfordulása Magyarországon .....  | 52 |
| 1.9. Részkövetkeztetések .....   | 58 |
| 2. AZ ÁRVÍZKÁROK MEGELŐZÉSÉNEK GYAKORLATI LEHETŐSÉGEI .....  | 61 |
| 2.1. Az árvízkarok megelőzésének gyakorlata a múltban .....  | 61 |
| 2.2. Hazánk árvízi védekezését meghatározó stratégiák és koncepciók elemző<br>áttekintése .....                              | 66 |
| 2.3. Az árvízmentesítés műszaki lehetőségei napjainkban .....  | 75 |
| 2.3.1. Árvízmentesítési intézkedések Magyarországon .....  | 76 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.3.2. Az árvízmentesítési létesítmények elemzése .....                                    | 77         |
| 2.4. Az árvizek előrejelzésének lehetőségei .....  | 82         |
| 2.4.1. Az árvízi előrejelzési hazai gyakorlatának ismertetése .....                        | 82         |
| 2.4.2. Az árvízi előrejelzés gyakorlata nemzetközi minták alapján.....                     | 85         |
| 2.5. Az öngondoskodás szerepe az árvízkarok megelőzésében .....                            | 88         |
| 2.5.1. Az épületek árvizek által sebezhető pontjai.....                                    | 90         |
| 2.5.2. Az önvédelmi célú helyi árvízmentesítés műszaki lehetőségei .....                   | 92         |
| 2.6. A nyomvonalas árvízmentesítési létesítmények hatékonyságának növelése .....           | 99         |
| 2.7. A hirtelen kialakulású árvizek kártételeinek jellemzői és megelőzése .....            | 108        |
| 2.7.1. A hirtelen kialakulású árvizek jellemzői .....                                      | 109        |
| 2.7.2. A hirtelen kialakulású árvizek keletkezésének okai .....                            | 111        |
| 2.7.3. A hirtelen kialakulású árvizek jellemző kártételei.....                             | 112        |
| 2.7.4. A hirtelen kialakulású árvizek megelőzése tározó létesítményekkel.....              | 112        |
| 2.8. Részkövetkeztetések .....   | 127        |
| <b>3. A FÖLDRENGÉSKÁROK MEGELŐZÉSÉNEK KORSZERŰ, MŰSZAKI LEHETŐSÉGEI.....</b>               | <b>129</b> |
| 3.1. A földrengések kialakulása, hatásai .....   | 129        |
| 3.1.1. A földrengések keletkezése .....  | 129        |
| 3.1.2. A rengéshullámok fajtái .....   | 130        |
| 3.1.3. A földrengések hatásai az épületszerkezetekre.....                                  | 131        |
| 3.2. A földrengések előrejelzése .....   | 135        |
| 3.2.1. A földrengés-kockázat és valószínűség megállapítása .....                           | 135        |
| 3.2.2. A földrengések valós idejű előrejelzése.....  | 136        |
| 3.2.3. A földrengések előrejelzésének lehetőségei hazánkban .....                          | 144        |
| 3.3. A földrengésálló építkezés múltja.....  | 147        |
| 3.4. A károk mérséklésének megelőzése korszerű technológiai megoldásai .....               | 148        |
| 3.4.1. Az épületek szeizmikus terhekre történő méretezése .....                            | 148        |
| 3.4.2. Jellemző épületkárok vizsgálata a megelőzés szemszögéből .....                      | 151        |
| 3.4.3. Lakóházak helyzete Magyarországon.....  | 155        |
| 3.4.4. A vasalatlan falazóelemekből épült épületek földrengés-biztonságának növelése ..... | 160        |
| 3.5. Részkövetkeztetések .....   | 176        |
| <b>4. A LAKOSSÁG RÉSZVÉTELE A MEGELŐZÉSBEN.....</b>  | <b>178</b> |
| 4.1. A felmérés célja .....  | 178        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2. A felmérés hipotézisei .....             | 179        |
| 4.3. Változók.....                            | 180        |
| 4.4. A felmérés célcsoportja, a minta.....    | 180        |
| 4.5. A válaszok kiértékelése .....            | 181        |
| 4.6. Részkövetkeztetések .....                | 192        |
| <b>ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....</b>        | <b>193</b> |
| A kutatási tevékenység összegzése.....        | 193        |
| Új tudományos eredmények .....                | 196        |
| Ajánlások .....                               | 197        |
| <b>HIVATKOZOTT IRODALMAK JEGYZÉKE.....</b>    | <b>200</b> |
| <b>MELLÉKLETEK JEGYZÉKE.....</b>              | <b>217</b> |
| <b>A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM.....</b> | <b>219</b> |
| <b>MELLÉKLETEK.....</b>                       | <b>221</b> |

## BEVEZETÉS

Az ókorban és középkorban a Föld népessége kiszolgáltatott volt a természeti csapásokkal szemben, mivel ezen történelmi korszakokban a megelőző tevékenységek kezdetleges formái voltak csak ismertek. Az emberek életmódjára jellemző volt, hogy inkább együtt éltek a különböző katasztrófákkal, vagy elvándoroltak a veszélyeztetett területekről, mintsem, hogy komoly erőfeszítéseket tegyenek azok megelőzésére. Néhány kivétel azonban megemlíthető, főként a természeti katasztrófák által rendkívüli mértékben veszélyeztetett kelet-ázsiai régióban. Japánban, illetve Kínában például ősi hagyományként kezelték az állatok természeti csapásokat megelőző szokatlan, furcsa viselkedésének megfigyelését, az állatok reakciója és az elemi csapások közötti összefüggés keresését. Mindemellett, például a Fülöp-szigeteken – a világon elsőként – már a XV. századtól kezdve tudatosan építkeztek a térségben nagy gyakorisággal kialakuló földrengések, illetve trópusi ciklonok kártételeinek csökkentése érdekében. A technológiai fejlődéssel és iparosodással párhuzamosan a katasztrófák elleni védekezés is egyre szervezettebb és hatékonyabb formában mutatkozott meg. A népesség számának rohamos növekedése, az infrastruktúrák jelentős kiterjedése és az egyre fokozódó ütemben zajló urbanizáció együttesen járultak hozzá a kockázat, illetve a potenciális káros hatások, valamint a fokozódó biztonsági kihívások megnövekedéséhez.

A bekövetkező, jelentős pusztító hatással bíró természeti csapások hatalmas, sok esetben elviselhetetlen terhet jelentettek és jelentenek az egyes országok gazdaságának, a városoknak, közösségeknek és a lakosságnak is. A katasztrófák mellett, hogy nagyon rövid idő leforgása alatt tömeges mértékű halálozást idézhetnek elő, jelentős anyagi, illetve ökológiai károkat és egészségügyi problémákat is okozhatnak. A károk felszámolása és a kárterületek helyreállítása pedig hosszú, akár több évtizeden keresztül tartó folyamat lehet.

Az elmúlt évek és évtizedek során a katasztrófák előfordulásának globális szintű növekedése, illetve a globális éghajlatváltozással összefüggésben kialakuló szélsőségek tovább növelték a kockázat mértékét, és ezzel a megelőző intézkedések szerepét, illetve fontosságát is. A lakosság életét és vagyonbiztonságát veszélyeztető természeti jelenségek pusztító hatásainak csökkentésére világszerte terjedtek el a XXI. század technológiai fejlettségi szintjének megfelelő, innovatív műszaki megoldások és intézkedések. Magyarország vonatkozásában is elmondható, hogy a veszélyeztető tényezők kártételeivel szembeni küzdelemben egyre nagyobb szerephez jutnak a világ

más területein bevált korszerű technológiai megoldások és eljárások, továbbá magyar mérnökök és kutatók is foglalkoznak ezen megoldások és intézkedések fejlesztésével és alkalmazási lehetőségük kiszélesítésével.

A napjainkban bekövetkező természeti katasztrófák tapasztalatai rávilágítanak arra, hogy a rendkívüli mértékű nemzetközi erőfeszítések, a magas technológiai fejlettség és tudományos eredmények ellenére is, a természeti katasztrófák kártételeinek megelőzése terén a mai napig jelentős hiányosságok mutatkoznak. Mindehhez nagyban hozzájárulnak az urbanizációs folyamatok, illetve a nagyvárosiasodás egyre meghatározóbb szerepe a társadalmak működésében. A korszerű technológiák optimális alkalmazása helyett, sok esetben a napjaink kihívásaival szemben kevésbé hatékony módszerek alkalmazása terjedt el, vagy a megelőzés/védekezés arányát tekintve az utóbbi irányába billen a mérleg nyelve. A káresemények eredményes megelőzését tovább korlátozza a fejlődő országok konvergenciájának hiánya, illetve az egyes régiók gazdasági versenyképességének különbségéből eredő lemaradás. Hosszú listát lehetne írni az elmúlt évtizedek során bekövetkezett azon káreseményekről, amelyek esetében a katasztrófát kiváltó jelenség, vagy a csapás erejéhez, illetve kiterjedéséhez képest a károk mértéke aránytalanul magas volt. Ennek oka elsősorban a védelmi képességek és technológiai eljárások hiányosságaira volt visszavezethető. Mindehhez hozzájárult a megelőző intézkedések, illetve fejlesztések elmaradása, valamint esetenként a beavatkozó erők felkészületlenségéből eredő problémák is. Magyarország tekintetében a közelmúltban (szerencsére) nem említhetünk emberi életet tömeges számban követelő káreseményt, ugyanakkor a veszélyeztető természeti jelenségek előfordulásának tendenciái, a kockázat és az okozott anyagi károk mértéke felvetik a kérdést, hogy melyek azok a műszaki rendszerek, technikai megoldások, amelyek széles körben történő gyakorlati alkalmazásával, illetve továbbfejlesztésével hosszú távon jelentős lépést tehetünk az országot veszélyeztető egyes természeti katasztrófák megelőzése, illetve káros hatásainak jelentős csökkentése terén. Mindezzel szoros összefüggésben szintén fontos kérdés, hogy rendelkezünk-e átfogó ismeretekkel az egyes alternatívák előnyeiről, hátrányairól, illetve hatékonyságáról, és hogyan integrálhatóak a hazai kockázatkezelési programokba, védelmi tervekbe, valamint ágazati szakpolitikai stratégiákba. A felvetés indokoltságát tovább erősíti az innovatív megelőzési technológiákkal kapcsolatos naprakész hazai szakirodalom csekély rendelkezésre állása is.

## **A témaválasztás indoklása, aktualitása**

A Katasztrófák előfordulását Kutató Központ Nemzetközi Katasztrófa Adatbázisának<sup>1</sup> (a továbbiakban: CRED EM-DAT) adatai szerint a 2000. és a 2016. évek között a természeti katasztrófák áldozatainak száma megközelítette az 1,3 millió főt, a káros hatások a föld teljes lakosságának mintegy 47 %-át közvetlenül érintették. Az anyagi kár ezen időszak alatt, globális szinten 1,9 trillió dollárra becsülhető. [1] Mindez számos kérdést vet fel nemzetközi szinten a természeti katasztrófák elleni eredményes küzdelem vonatkozásában. Mára már bizonyítható, hogy hosszú távon a katasztrófák elleni erőfeszítések legeredményesebb és költséghatékonyabb módját a megelőző időszakban megtett intézkedések jelentik. Ennek alátámasztására hazánk vonatkozásában kiváló példaként említhetőek az 1998 és 2001 közötti, minden korábbi mértéket meghaladó nagy tiszai árvizek, amelyeket követően a helyreállítási időszakban végzett tevékenységek költsége meghaladta a 120 milliárd forintot. A Felső-Tisza-vidék lakosságának árvízi biztonsága ezen összeg töredékéből jelentős mértékben fokozható lett volna az ezredfordulón levonuló nagy árhullámokat megelőzően. A téma kutatása ennek kapcsán is aktuális, mivel a megfelelő megelőző védelmi feladatokra és fejlesztésekre fordított nagyobb ráfordításokkal a károk minimalizálhatóak lettek volna.

*A témaválasztást szakmailag indokolta*, hogy a nemzeti katasztrófavédelmi szabályozást átfogóan érintő, 2012. évi változások egyik legfontosabb eleme a megelőzés előtérbe helyezése volt. Mindemellett, az Európai Unió és Magyarország 2014 és 2020 közötti Európai Uniós programozási időszakra vonatkozó Partnerségi megállapodásában, valamint a vonatkozó uniós irányelvekben is fontos közösségi célként említik a fokozódó kockázatokra való felkészülést, és a katasztrófavédelem infrastruktúrájának, illetve a védelmi képességek növelését támogató, megelőzésre irányuló fejlesztéseket és beruházásokat. Mindez nagyon fontos abból a szempontból, hogy az ország továbbra is számíthat jelentős uniós támogatásra a megelőzési feladatok megvalósításában. A földrengések és árvizek, mint globális szinten hatalmas károkat okozó természeti csapások tendenciái és hazai vonatkozásai is innovatív, a differenciált, illetve költséghatékony védelem szempontjait előtérbe helyező, hosszú távon megfelelő biztonságot jelentő megelőzési megoldások alkalmazását tették, illetve teszik a jövőben időszakos lakosság és állami szervek aktív részvétele mellett.

<sup>1</sup>A CRED EM-DAT adatbázisból származó adatok a földrengések, járványok, extrém hőmérséklet, árvizek, földcsuszamlás, viharok, erdőtűz, földcsuszamlások, vulkanikus aktivitás és rovaroktól származó fertőzések által okozott károkra vonatkoznak.

Mindezzel összhangban, a Nemzeti Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégia is a tudásáramlás, illetve a tudás-technológiai transzfer és tudásfelhasználás mechanizmusainak hiányosságaira hívja fel a figyelmet, ami megmutatkozik a természeti veszélyforrások elleni megelőző védelem terén is. [2; 22. o.] A katasztrófák megelőzésével kapcsolatos tudományos kutatások tehát mind közösségi és nemzeti szinten időszerűek és fontosak. A témaválasztást indokolja továbbá, hogy az egyes természeti katasztrófatípusok között az árvizek és földrengések okozta káresemények hosszú távon visszavethetik egy közösség életét, így a megelőző megoldásokra fókuszáló kutatás a gyakorlatban is hasznosítható eredményeket hozhat.

A témaválasztást indokolja továbbá az is, hogy a megelőző védelmi intézkedések és technológiák terén számos olyan nyitott kérdés van mind nemzetközi és hazai viszonylatban, amelyek kiváló lehetőséget nyújtanak, sőt, szükségessé teszik a témakörben való széleskörű kutatómunkát, illetve a nemzetközi tapasztalatokon alapuló tudástranszfer elősegítését. Ezzel szoros összefüggésben számos olyan technológiai megoldás jelent meg és terjedt el, amelyeknek hazai alkalmazási, illetve adaptálási lehetőségeit és indokoltságát átfogóan még nem vizsgálták. A téma kutatási eredményei emellett, hosszú távon hatékonyan alkalmazható és a jövőben is felhasználható, illetve továbbfejleszthető tudásbázis erősítését is célozhatják.

### **Kutatási hipotézisek**

Az értekezésben az alábbi hipotéziseket szándékozom igazolni:

- 1.) **Feltételezem**, hogy a természeti katasztrófák előfordulása, következményei és globális tendenciái tükrében a földrengések és árvizek az elkövetkező időszak legpusztítóbb, legtöbb kárt okozó és a legtöbb embert érintő elemi csapásai lehetnek, valamint, hogy ezen globális trendek hazánk veszélyeztetettsége szempontjából is szignifikánsan kimutathatóak.
- 2.) A nyomvonalas árvízmentesítési létesítmények vonatkozásában **feltételezem**, hogy a vízzárás biztosítása és a talajvíz visszaduzzasztásából eredő problémák együttes kezelésén alapuló, új műszaki megoldással a létesítmények esetenként hatékonyabban működtethetőek.
- 3.) **Feltételezem**, hogy a külföldi bevált gyakorlat alapján a felszín alatti árvízi tározás fenntartható módon adaptálható hazánk nagyvárosai – így különösképpen Budapest – esetén is a hirtelen kialakulású árvizek általi kockázatok eredményes csökkentésére.



- 4.) **Feltételezem**, hogy hazánk nagyvárosaiban, különösképpen Budapesten, a földrengés-kockázat alulbecsült, ezért hiányoznak olyan tudatos, megelőző technológiai megoldások elterjedésére irányuló programok és döntés-támogató rendszerek, amelyek révén a védelmi képességek növelésével a kockázat csökkentése eredményesebb lehet.
- 5.) **Feltételezem**, hogy hazánk lakosai a katasztrófák általi veszélyeztetettségüket általánosságban alacsony mértékűnek ítélik, önerőből kevés ráfordítást hajlandóak áldozni a védelem fokozására és a katasztrófa-veszélyeztetettséget sem tekintik fontos szempontnak lakóingatlan választásakor. **Feltételezem továbbá**, hogy állami támogatások és programok bevezetésével, a lakosság közreműködésén keresztül az esetleges károk hazai szinten is számottevően csökkenthetőek.

### **Kutatási célkitűzések**

A fentiekben ismertetett hipotézisek igazolására értekezésben az alábbi célokat tűztem ki, hogy:

- 1.) **Elemzem** a természeti katasztrófák – köztük elsősorban a földrengések és árvizek kártételei – által globális szinten és Magyarország vonatkozásában mérhető veszélyeztetettséget, illetve a jövőbeni tendenciákat, amelyek alapján kimutatásokon keresztül következtetéseket vonok le a válaszlépések szempontjából. Ezen ismeretek birtokában célokom tudományosan megalapozott módszerek, illetve műszaki megoldások **kutatása és ajánlása** az árvízi és földrengés általi kockázatok csökkentésére, valamint a lakosság életének megóvása és a károk megelőzése érdekében.
- 2.) A nemzetközi stratégiai környezet és irányelvek, valamint a hazai szabályozás alapján **összehasonlító elemzéssel vizsgálom** a megelőzéssel összefüggő feladatokat, és azok szempontrendszerét.
- 3.) A vízgazdálkodást, illetve vízkár-elhárítást érintő irányelvek, koncepciók és szakpolitikai stratégiák **elemzésén** keresztül következtetést vonok le a megelőző időszak szerepére, a szükséges fejlesztésekre, illetve a lakosság önvédelmi képességének szükségességére.
- 4.) Európai földrengések események elemzésén keresztül **bemutatom** azok várható hatásait az építészeti adottságok szemszögéből, és ezen alapulva

következtetéseket vonok le Magyarország földrengés-kockázata szempontjából. Célom továbbá *feltárni* azokat a kritikus pontokat, ahol intézkedések indokoltak a hosszú távú biztonság feltételeinek megteremtése érdekében.

- 5.) Újszerű megelőző műszaki megoldások feltárásával, illetve hazai adaptálásával *célom* – a Nemzeti Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégiával összhangban – a technológiai innováció erősítésének elősegítése, valamint a nemzetközi tapasztalatokon alapuló tudásbázisok és tudás felhasználás erősítésének támogatása.
- 6.) Kérdőíves felmérés segítségével *vizsgálom* a lakosság felkészültségét, hozzáállását és hajlandóságát a megelőző műszaki megoldások alkalmazása és bevezetése tekintetében.

### **Kutatási módszerek**

Kutatási munkám során alapvető szempontként kezeltem az egyes módszerek műszaki szemléletű, tudományos megalapozottságon történő bemutatását és elemzését. A vizsgálataim során egyaránt alkalmaztam kvantitatív és kvalitatív vizsgálati módszereket, a témából adódóan a következtéseimet főként elemzésekre, összehasonlításokra és induktív konklúziókra alapoztam a következő módszereken és eljárásokon keresztül:

- A nemzetközi szakirodalmon, szakmai fórumokon és esettanulmányokon keresztül folyamatosan nyomon követtem, illetve elemeztem a közelmúltban világszerte bekövetkezett katasztrófákat és veszélyhelyzeteket, következtetéseket vontam le azok tapasztalataiból elsősorban a megelőzés szemszögéből.
- A releváns, katasztrófákkal kapcsolatos nemzetközi adatbázisok és információs rendszerek célirányos elemzésével saját kimutatásokat készítettem az árvízi és földrengés katasztrófák előfordulásának jellemzőit és hatásait vizsgálva. Az adatbázisokból és gyűjteményekből származó adatokat különböző aspektusok alapján szűrtem és rendszereztem, majd a számok összefüggéséből, korrelációjából, jelentős eltéréséből, vagy kiugróan magas értékeiből vontam le következtetéseimet.
- A témával kapcsolatos írásos és elektronikus hazai és – kutatásom fő bázisát adó – nemzetközi szakirodalom feldolgozása mellett, a legújabb megoldásokat és legfrissebb kutatási eredményeket a katasztrófák műszaki megelőzésével foglalkozó, külföldi konferencia kiadványokon keresztül is elemeztem.

- Az árvízmentesítés létesítményekre vonatkozó elemzéseim és javaslataim során a szivárgási viszonyok vizsgálatára digitális modellezést alkalmaztam.
- Egyes műszaki alternatívák működésével kapcsolatos megállapításimat részben meglévő tervdokumentációk feldolgozásra, valamint helyszíni szemlékre alapoztam.
- Kérdőíves felmérés módszerével vizsgáltam a lakosság katasztrófa-veszélyeztetettséggel kapcsolatos szemléletét és tudatosságát, valamint azon alternatívákat, amelyekkel az embereket motiválni lehet saját biztonságuk fokozására. Az így kapott primer kutatási eredményt összevettem a korábbi kutatások eredményeivel, és közvetlenül kapcsoltam a következtetéseimhez és a javaslataimhoz.
- Részt vettem az egyes katasztrófák megelőzésének témakörét érintő hazai konferenciákon, illetve előadásokon, és a kutatómunkám során felhasználtam azok tapasztalatait.
- A kutatás során folyamatosan konzultáltam a témában elismert szakemberekkel és oktatókkal, figyelembe vettem véleményeiket és iránymutatásaikat, valamint felhasználtam saját tapasztalataimat is.

### **Az értekezés felépítése, a téma körülhatárolása és szűkítések**

Az értekezés *I. fejezete* egyrészt rövid áttekintést nyújt a katasztrófák általános osztályozásáról és a veszélyeztető hatások csoportosításáról, másrészt vizsgálja, hogy csoportosításuknak milyen jelentősége van a gyakorlat szempontjából. A fejezetben a releváns nemzetközi adatbázisok adatainak elemzésével vizsgálom továbbá az egyes katasztrófák előfordulását és hatásait, amely alapján nemzetközi szinten és hazánk tekintetében is elvégzem az elemi csapások (különösképpen az árvizek és földrengések) általi veszélyeztetettség meghatározását és rangsorolását a kiváltó okok, illetve befolyásoló tényezők szempontjából.

Bemutatom továbbá a katasztrófák megelőzésének elméleti alapjait, valamint, hogy a megelőző tevékenységek hova helyezhetőek a nemzetközi és hazai katasztrófavédelem rendszerében. A tudatos preventív intézkedések kialakulásának történelmi áttekintését követően, a védekezés és megelőzés összehasonlításával vizsgálom azon szempontokat, amelyek mentén a megelőzés a gyakorlatban is hatékonyan megvalósulhat.

Az értekezés további fejezeteiben vizsgálom a földrengések és árvizek következményeként kialakuló katasztrófák megelőzésének, illetve a pusztító hatások

csökkentésének korszerű, műszaki lehetőségeit figyelemmel az állami intézkedésrendszerbe történő beintegrálhatóság szempontjára is.

A **II. fejezetben** vizsgálom az árvizek okozta károk csökkentésének és megelőzésének műszaki lehetőségeit, az egyes rendszerekkel, illetve fejlesztésekkel kapcsolatos problémákat és az alkalmazhatóságot befolyásoló tényezőket. Az árvízvédelmet érintő nemzetközi és hazai stratégiák figyelembevételével javaslatot teszek azon területekre és műszaki fejlesztési lehetőségekre, amelyek alkalmazásával érvényesíthető a komplex vízgazdálkodási szemlélet és a megelőzés hosszú távú eredményességének fokozása, szem előtt tartva az előrejelzések hatékonyságának fokozását, az öngondoskodás szerepének növelését és a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodást is. Mindennek részeként, a feltárt hátrányok alapján bemutatok egy olyan saját koncepció alapján javasolt mélyépítésű szerkezeti megoldást, amellyel – a hazánk árvízmentesítését döntően meghatározó – nyomvonalas árvízmentesítési létesítmények hatékonysága fokozható. A fejezet koncepcionális megközelítéssel bemutat a városi árvizek általi fokozódó kockázat kezelésére egy hosszú távú fejlesztési megoldási lehetőséget, és bemutatja annak többcélú alkalmazási lehetőségeit.

A **III. fejezet** részletesen foglalkozik a földrengések keletkezésének geofizikai hátterével, várható hatásaival, valamint a földrengés-kárterületek jellemzőivel, különös tekintettel az épületek romosodására. A nemzetközi gyakorlat és esettanulmányok alapján a fejezet a kármegelőzés, illetve lakosságvédelem keretében tárgyalja a földrengések előrejelzésének – kiemeltképpen a kezdeti rengéshullámok elemzésén alapuló valós idejű előrejelzés és riasztás – lehetőségeit és a legmagasabb kockázattal bíró épületek földrengés-biztonságának növelésére irányuló, korszerű műszaki és informatikai megoldásokat. A fejezet során nemzetközi tapasztalatokon alapulva vizsgálom továbbá azokat a központi koordinációban megvalósítható, hiánypótló programokat és stratégiákat, amelyek révén nagyvárosaink potenciális szeizmikus károk szempontjából legkritikusabb pontjai eredményesen megerősíthetőek, akár a lakosság aktív bevonásával.

Az értekezés utolsó, **IV. fejezetében** a magyar lakosság körében végzett kérdőíves kutatás eredményeire épülve, elsősorban kvantitatív kiértékelési módszerrel mérem fel az emberek szemléletét, illetve megítélését a katasztrófák általi veszélyeztetettségéről és lakóhelyük védelmi képességének javításáról. Ennek alapján javaslatot teszek a lakosság és az állam együttműködésén alapuló, a megelőző időszak hatékonyságát elősegítő, főként a felkészülést érintő intézkedésekre és lehetséges eszközökre.

### ***A téma körülhatárolása, szűkítése***

Tekintve, hogy a természeti katasztrófákat, illetve azok megelőzésének elméleti és gyakorlati kérdéseit – figyelemmel a globális szintű kihívásokra is – a földrengések és árvizek esetén, mint két kiemelt típus szemszögéből vizsgálom, ezért az értekezésben részletesen nem térek ki más természeti veszélyeztető jelenség megelőzési és védekezési feladatainak tárgyalására. Az általam javasolt megoldások terén fő szempont volt a meglévő állapot, illetve a műszaki, szakpolitikai és állami intézkedési rendszer fejlesztési lehetőségeinek elemzése, valamint az egyes alternatívák helyi adottságok és viszonyok alapján történő bemutatása. Nem vizsgáltam a jelenleg működő rendszerektől teljesen eltérő megoldásokat, mert törekedtem a gyakorlati megvalósíthatóság és alkalmazhatóság elvének megtartására.

Az értekezés továbbá az árvízkarok megelőzésének témakörét érintően nem tárgyalja a jeges árvizek kialakulásával és kártételeivel kapcsolatos megelőző tevékenységeket a terjedelmi korlátok, valamint a jégvédekezés, illetve a jeges árvizek megelőzésének speciális eszköz és intézkedési rendszere miatt.

A földrengéskárok megelőzésének értekezésben vizsgált témakörét a lakosságvédelmi szempontok mentén szintén szűkítettem a lakóépületek megerősítésére, illetve védelmére. A terjedelmi korlátok, a téma komplexitása, valamint a szeizmikus hatások által kiváltott szerkezeti viselkedések jelentős különbségei nem tette lehetővé az ipari létesítményekkel, hidakkal, tornyokkal, közlekedési infrastruktúrákkal, közművekkel stb. kapcsolatos földrengés-biztonsági kérdések tárgyalását.

### **Irodalmi áttekintés, a tudomány jelenlegi állása a témában**

Az értekezés kidolgozása során mind strukturálisan, tartalmilag és a tárgyalt témakörök kohéziója terén jól tudtam támaszkodni a hazai szakemberek publikált szakanyagaira, valamint tudományos fokozattal rendelkezők kutatásaira. Az alkalmazott nomenklatúra megválasztásában és az értekezésbe történő integrálásában jelentős segítséget jelentettek a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, illetve a Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatóinak értekezései, a katasztrófák elleni megelőzés és védekezéssel kapcsolatos publikációik, illetve a nevükkel fémjelzett oktatási szakanyagok. Ezek közül kiemelném Dr. Bonnyai Tünde, Dr. Kovács Ferenc kritikus infrastruktúrával és lakossági felkészítéssel, Dr. Muhoray Árpád megelőzéssel és árvízi veszélyhelyzet-kezeléssel, Dr. Tóth Rudolf kárelhárítással, Dr. Endrődi István, Dr. Nagy Károly és Dr. Halász László katasztrófavédelem feladat-, és szervezet rendszerével kapcsolatos munkásságát,

valamint Dr. Földi László környezetbiztonsággal és Dr. Kátai-Urbán Lajos a katasztrófavédelem iparbiztonsági kérdéseivel összefüggő kutatásait. Dr. Padányi József, az NKE tudományos rektorhelyettese elsőként mutatott fel tudományos eredményeket az éghajlatváltozás honvédelmi erőkre gyakorolt hatásainak kutatása terén, ami a katasztrófák elleni védekezés és felkészülés szempontjából is lényeges. A kutatási téma szempontjából szintén relevánsak a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság és az Országos Vízügyi Főigazgatóság szakembereinek előadásai és publikált szakcikkei.

Tekintve, hogy a disszertáció témáját érintően – a külföldi kutatók és szakértők által publikált, idegen nyelvű források számához mérten – a rendelkezésre álló hazai szakirodalmi háttér kisebb, az értekezés készítése során az új kutatási eredményeimet elsősorban a nemzetközi bibliográfiára és külföldön publikált kutatási eredményekre tudtam alapozni, azonban az esetek többségében kutatásaim kiindulási irányvonalát hazai kutatók és szakemberek publikált tudományos eredményei jelentették. Az irodalmi háttér áttekintésénél nem törekedtem vita indításra, hanem az értekezés témájának szempontjából legfontosabb eredményeket és megállapításokat foglalom össze.

A természeti katasztrófák előfordulásának és gyakoriságának elemzésére a XXI. század fejlettségének megfelelő szintű és színvonalú publikus nemzetközi adatbázisok, illetve nyilvántartások álltak rendelkezésre. Ennek megfelelően, a katasztrófák előfordulásával és hatásaik elemzésével kapcsolatos primer kutatási eredményeim esetén jól tudtam támaszkodni a Katasztrófák Előfordulását Kutató Központ Nemzetközi Katasztrófa Adatbázisára (CRED EM-DAT) [1] és az ENSZ Nemzetközi Katasztrófa Kockázat Csökkentési Stratégiai Hivatalának adatállományára. [3] Előbbi több, mint 18 000 káreseményt és azok hatásait regisztrálja egészen 1900-ig visszamenőleg. A Magyarországra vonatkozó adatok 1970-től vannak rögzítve, ezért számításaimban a hazánkat sújtó elemi csapásokat regisztráló adatbázisokat és kiadványokat is felhasználtam (a földrengésekre vonatkozóan például a HUN-Reng Magyarország Földrengési Információs Rendszerét). [4] Mindemellet, a katasztrófák és veszélyhelyzetek nyomon követésében a magyarországi illetékességű, Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület által működtetett Veszélyhelyzeti és Katasztrófa Információs Szolgálat (RSOE EDIS) műholdas adatbázisát [5] a kutatás során folyamatosan igénybe vettem. A valós idejű naplózás alapján működő térinformatikai információs állományok hatékonysága az internet által biztosított gyors adatáramlásban és széles adatspektrumban rejlik. A meteorológiai és hidrológiai adatsorok tekintetében

az Országos Meteorológiai Szolgálat elemzései és adatsorai [6], valamint a Központi Hidrológiai Adattár publikus archív adatai [7] tekinthetők elsősorban reprezentatívnak.

A katasztrófák megelőzésének és kezelésének elméleti kérdéseinek és stratégiai megközelítésének körüljárására az Egyesült Államok Szövetségi Válságkezelési Ügynökségének (Federal Emergency Management Agency, FEMA) szakanyagai [8] tartalmazzák és foglalják össze a legösszettebben a kérdéskört. A hazai, integrált katasztrófavédelmi szabályozással összehasonlításban a FEMA számos fejlesztési lehetőséget fogalmaz meg, kiemelten foglalkozva az egyes természeti katasztrófákkal.

A földrengések, illetve szeizmikus jelenségek vizsgálata során a magyar szakirodalom vonatkozásában elsősorban a Georisk Földrengés Mérnöki Iroda kutatóinak (Dr. Tóth László, Mónus Péter, Bus Zoltán, Wéber Zoltán, Zsíros Tibor, Kiszelyi Márta, Győri Erzsébet stb.) szakanyagait és konferencia kiadványait [9] használtam fel. Az ország területén regisztrált földrengéseket egészen az ókor végéig visszamenőleg katalogizálva [10], valamint a földrengés évkönyvek kiadásával pótolhatatlan alapot szolgáltatott hazánk vonatkozásában bármilyen, a földrengések előfordulását determinisztikus, vagy sztochasztikus összefüggések alapján történő kutatáshoz és elemzéshez.

A hazai szakirodalomban az építmények szeizmikus terhekkel kapcsolatos viselkedésének és méretezési elveinek tárgyalásában a hazai szakirodalom meghatározó irányvonalát képviseli a Magyar Mérnöki kamara Tartószerkezeti Tanácsának elnökének, Dr. Dulácska Endrének, Dr. Kollár László egyetemi tanárnak, valamint Dr. Csák Béla kutatási eredményei. Utóbbi, szerző társaival együtt vizsgálta a különböző technológiával készült épületek földrengésterhekkel kapcsolatos viselkedését, részletesen bemutatva és levezetve a számítási modelleket. Megállapításaikat egészen a '80-as évekig visszamenőleg, nemzetközi szinten előfordult földrengés csapások hatásainak részletes elemzésével is alátámasztották. [11] Az értekezésben bemutatott kutatás szempontjából releváns továbbá Dr. Dulácska és Dr. Kollár a falazott szerkezetek statikai vizsgálatával [12], valamint a szeizmikus igénybevételekre történő méretezési és tervezési alapelvekkel kapcsolatos kutatási eredményei és iránymutatásai [13]. Mindemellett, Dr. Dulácska és Dr. Csák magas-építményekkel kapcsolatos egyes szerkezeti megoldásai nemzetközi szinten is forradalmasítónak számítanak, csakúgy, mint a nemrégiben elhunyt Tarics Sándor nevéhez fűződő földrengés-szigetelő pogácsák. Az említett szakemberek kutatási eredményei ma is meghatározóak a földrengések elleni megelőző védelem szemléletében és gyakorlatában, ami a XXI. század folyamatos technológiai fejlődésével és innovatív

megoldásaival párosulva sokáig adekvát, illetve nagyon erős szakmai és tudományos háttérrel biztosíthat a kutatásokhoz. Az atomerőművek földrengésvédelmével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdésekben nemzetközi szinten is meghatározó kutatói és tervezői tevékenységet végzett Dr. Katona Tamás [14] [15], akinek tudományos eredményei alapozták meg a Paksi Atomerőmű földrengés-biztonsági megerősítését is. Kutatómunkája során feltárta az atomerőművek szeizmikus kockázattal szemben alapkövetelményeit, illetve megalapozó vizsgálatok elvégzésével meghatározta az utólagos megerősítések technológiai megoldásait.

A földrengések előrejelzésének vonatkozásában az MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet kutató munkatársa, Dr. Varga Péter rendelkezik hazai szinten kiemelkedő publicisztikai háttérrel. Kutatómunkája során bemutatta a földrengés prognózisára esetleg alkalmas korszerű eljárásokat és a földrengés-megfigyelés, illetve riasztás alapelveit, ami a kezdeti, P-hullámok megfigyeléséből eredő információkon alapul [16; 855-857. o.]. Az értekezés során mindezt kiindulási alapként, a nemzetközi gyakorlat és kutatási eredmények alapján vizsgálom és alkalmazom. A szeizmikus események által fokozott veszélyeztetettséggel bíró területeken – mint Japán, Tajvan, Kína vagy USA – végzett eredményes kutatásoknak hála, a valós idejű földrengés-előrejelzés terén jelentős előrelépéseket sikerült elérni az utóbbi években. Ide sorolható továbbá a Romániában működő regionális földrengés-riasztó rendszer is, ami a magyar nagyvárosok védelmére is adaptálható példaként szolgálhat.

Az értekezésben tárgyalt szeizmikus igénybevételekkel szembeni ellenálló képesség növelését célzó építészeti eljárások esetén az új-zélandi földrengések tapasztalatairól szóló esettanulmányok és vizsgálatok adtak alapot, amik napjainkban nemzetközi szinten is meghatározóak. A vizsgálatok során az egyes épület típusok, valamint a szerkezeti megerősítési megoldások viselkedésének, illetve hatékonysági elemzésének vizsgálatára is sor került.

Tekintettel Magyarország vízrajzi adottságaira, valamint árvízi veszélyeztetettségének mértékére, nem véletlen, hogy a hazai szakirodalom vonatkozásában az árvízi biztonság kérdéskörében a magyar vízügyi szakemberek világszínvonalú elméleti tudással és gyakorlati tapasztalattal rendelkeznek a vízkár-elhárítás terén. Az árvízi megelőzéssel kapcsolatos elemzéseim és következtetéseim többek között az Országos Meteorológiai Szolgálat, az Országos Vízügyi Főigazgatóság és más, regionális vízügyi igazgatóságok szakembereinek publikációin, illetve



szakanyagain alapulnak, mivel a létesítmények üzemeltetésével és a védekezéssel kapcsolatos tapasztalatok tudásbázisát a vízügyi ágazat öleli fel.

Emellett, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnikai Tanszékéről Dr. Nagy László és kollégáinak munkássága [17] jelentős szereppel bír a mobil árvízvédelmi falak megvalósításával kapcsolatos kutatások, tervezések, vizsgálatok és a folyamatban lévő hazai szabványosítás terén. Dr. Mahler András és Dr. Nagy László a Magyarországon elsőként megvalósult mobil árvízvédelmi fal vízzáró falként funkcionáló mélyépítésű elemeire vonatkozó, szimuláción alapuló modellezéses vizsgálattal megállapította a vízáteresztő talajréteg keresztmetszeti lezárásának optimális mértékét [17; 6. o.]. Mindez a hasonló létesítmények megvalósítása szempontjából fontos támpont. Szintén Dr. Nagy foglalkozik átfogóan a vízépítési földművek, illetve gátak állékonyságának kérdéskörével, valamint a differenciált árvízvédelem és védelmi szintek módszertan és elméleti kérdéseivel, amely során helyes gyakorlatnak említi az öblözetek gazdasági fejlettségének megfelelő visszatérési idő alapján történő megkülönböztetett kezelését [18; 91. o.].

Az árvizek kialakulása és a hullámterek feltöltődése közötti párhuzamok vizsgálatát Dr. Gábris Gyula, Dr. Telbisz Tamás, Dr. Nagy Balázs, Emanuele Belardinelli, Dr. Schweitzer Ferenc, Dr. Nagy István és Alföldi László által alkotott kutatócsoport végezte el, ami jelentősen meghatározza a Tisza-völgy hosszú távú árvízi biztonságának kérdéskörét. Vizsgálataik során bizonyították az övzátony képződés és a hordalék lerakódás összefüggését az árvízszintek aránytalan növekedésével [19; 262-268. o.].

A vízgazdálkodás és vízépítés terén a meghatározó szakirodalom Dr. Szlávik Lajos és Dr. Szigyártó Zoltán nevéhez fűződik, akik napjaink árvízvédelmét meghatározó eredményeket [20, 137. o.] tudnak felmutatni az árvizek megelőzésének kutatása terén. Dr. Szigyártó nevéhez köthető többek között a mértékadó árvízszintek matematikai statisztikai megalapozása, a vízkár-elhárítási tározók méretezésével, üzemeltetésével és létesítményeivel kapcsolatos iránymutatások, vagy az árvizek valószínűség-elméleti jellemzésének kidolgozása. Dr. Szláviknak, a Magyar Hidrológiai Társaság elnökének nevét nem kell bemutatni senkinek, aki vízügyi területen folytatott kutatásokat, vagy tanulmányokat. Az árvizekkel kapcsolatos tapasztalatain alapuló kutatásai és oktatási anyagai napjainkban is a legmeghatározóbbak. [21]

Megjegyzendő, hogy vízgazdálkodás, illetve vízkár-elhárítás műszaki aspektusait tárgyaló hazai nyomtatott szakirodalom többnyire több évtizeddel korábbi tudományos

eredményekre, illetve irodalmi forrásokra támaszkodik. Az elmúlt években nem mértékadó azon tudományos szintű publikációk száma, amelyek az aktuális szemlélet és technológiai lehetőségek szemszögéből vizsgálja az árvizek megelőzésének lehetőségeit. Erre jó példaként említhető az Országos Vízügyi Főigazgatóság által 2016-ban kiadott Vízkár-elhárítási Kézikönyv, valamint vízkár-elhárítási oktatási segédlet, mivel ezen kiadványok árvízmentesítéssel kapcsolatos fejezetei is többnyire a '80-as évek szakirodalmára, illetve annak feldolgozására épülnek. [22] Minderre tekintettel, valamint a kutatási téma aktualitása okán is, az értekezés kidolgozása során nagy segítséget jelentettek a Magyar Hidrológiai Társaság által szervezett vándorgyűlések és előadások, amelyeken állandó téma az árvízvédelem időszerű feladatai és aktuális lehetőségei.

Az árvízkarok megelőzésével összefüggő, az öngondoskodás keretében végrehajtható mentesítési megoldások elterjedtnek számítanak Hollandiában, Németországban és az Egyesült Királyságban. A témakörrel kapcsolatos javaslataimat is az ezekben az országokban bevált eszközök és létesítmények termékleírásai alapján fogalmaztam meg az értekezésben.

A Pécsi Tudományegyetemen Dr. Pirkhoffer Ervin és Dr. Czigány Szabolcs vezetésével működő kutatócsoport modellezési vizsgálatokon alapuló kutatásai úttörőnek számítanak a villámárvizekkel kapcsolatos kockázat-megelőzés, illetve előrejelzés terén. Bizonyították, hogy valós veszéllyel kell számolni olyan területek esetén is, ahol az évtizedes statisztikai adatok nem adnak semmilyen erre utaló jelet. [23, 22. o.] Az értekezésben tárgyalt árvízvédelmi célú megoldások terén kiemelt figyelmet fordítottam a villámárvizek és városi árvizek okozta károk megelőzésére, amellyel kapcsolatban Dr. Gayer József és Ligetvári Ferenc hazánkban elsőként mutatta be átfogóan a települési vízgazdálkodás keretében a csapadékvíz-elhelyezés korszerű megoldásait és a fenntartható szemlélet gyakorlati szempontjait. Fontos feladatként említik meg a csapadékvizek elhelyezésének és lefolyásának városi integrált szemlélet mellett történő megvalósítását, illetve elősegítését, az esővizek (esetenként szennyvizek) hasznosítási-újrahasznosítási folyamatát támogató eljárásokat, valamint a csapadék-lefolyási modelleken alapuló mértékadó csapadék számításokon alapuló tervezést. [24; 147-152. o.] Elsőként mutatták be továbbá komplex módon a hazai szakirodalomban a csapadékvíz tározás korszerű lehetőségeit, ami meghatározó alapul szolgált az értekezés során a városi árvizek mentesítésével kapcsolatos megállapításaimra. [24; 119-122. o.] A felszíni alatti, nagy volumenű csapadékvíz visszatartás Európában egyelőre nem tekint vissza nagy múltra, azonban a távol-keleti országokban, mint Kína (Hong Kong), Japán, vagy

Malajzia a hirtelen kialakulású árvizek megelőzése rendkívül magas fejlettségi szintnek örvend, amiből kifolyólag ezen szakirodalmi háttérrel is jól tudtam felhasználni.

Az egyes innovatív technológiai megoldásokkal kapcsolatos elemzéseim, probléma feltárásaim és javaslataim – az egyes rendszerek széleskörű gyakorlati alkalmazásból eredő tapasztalatok hiányában – elsősorban meglévő tervdokumentációkra, szakértői szintű előkészítő tanulmányokra és hatástanulmányokra támaszkodnak. Mindezeket forráskritikával kezeltem, összevettem egymással és a saját kutatási eredményeimmel is.

Megjegyzendő továbbá, hogy a kutatási témával kapcsolatos szakirodalom vizsgálata és feldolgozása során tapasztalható volt, hogy a nemzetközi kiadványok és szakanyagok tekintetében jellemzőek a „post-disaster”, azaz konkrét káreseményeket, illetve természeti csapásokat követően megjelenő, azok tapasztalatait hasznosító kutatási eredmények. Egy-egy természeti csapás tapasztalatai meghatározó mérföldkövet jelenthetnek a védelmi kutatások terén az érintett területeken, valamint a nemzetközi tudás- és technológiai transzfer megfelelő csatornáin keresztül más országokban is. Ezen forrásokat kutatásom során is jól tudtam hasznosítani, mivel az egyes irányelvek és szakpolitikai programok és stratégiák az utóbbi évek során jelentősen előtérbe helyezték a prevenció kérdéskörét, ami hozzájárult a témakört érintő nemzetközi tudományos kutatási eredmények növekedéséhez is.

Összességében elmondható, hogy az árvizek és földrengések kártételeinek csökkentését célzó, napjaink kihívásainak és technológiai fejlettségének megfelelő megelőző intézkedések és módszerek többnyire ismertek, ugyanakkor alkalmazásuk világszerte területenként eltérő, amelyet nagyban meghatároznak az adott területen tapasztalt korábbi káresemények. Hiányosak azonban azon ismeretek, amelyek révén akár hazánkban is, ezen rendszerek és intézkedések a megfelelő stratégiai, jogszabályi és szervezeti háttérrel közvetlen állami korordináció mellett adaptálhatóak, hatékonyan alkalmazhatóak vagy továbbfejleszthetőek lehetnek.

# 1. A KATASZTRÓFÁK MEGELŐZÉSÉNEK ELMÉLETI KÉRDÉSEI, ÉS ELŐFORDULÁSUK VIZSGÁLATA A VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK TÜKRÉBEN

A különböző veszélyhelyzetek csoportosítása, valamint a katasztrófák általi kockázat megállapítása és csökkentése szempontjából is fontos szereppel bír a katasztrófa és a megelőzés fogalmának tisztázása, illetve körülhatárolása, annak érdekében, hogy az értekezésben tárgyalt elméleti és a gyakorlati szempontok logikai összefüggései egyértelműek legyenek. A katasztrófavédelmi szakemberek szakmódszertani írásai szerint is a valós veszélyeztetettség felméréséhez különbséget kell tenni egy adott terület, vagy térség katasztrófa-kockázata és veszélyeztetettsége között. Mindez szoros összefüggésben van a katasztrófa, mint kialakult helyzet és az azt kiváltó jelenség elkülönítésével, amelyet a veszélyeztető tényezők előfordulása és hatásai alá is támasztanak.

## 1.1. A katasztrófa fogalmi értelmezése

A katasztrófa fogalmának hazai lexikális meghatározásában jelentős eltérésekkel találkozhatunk. Az egyes meghatározások közös nevezője, hogy a katasztrófákat valami nagyarányú, jelentős csapásnak, fontos változásnak említik, azonban pontosan nem determinálják, hogy valójában milyen mértékű és erejű csapást is tekintünk katasztrófának. A lexikoni definíciók ugyanakkor már a kezdetektől sugallták, hogy a katasztrófák esetén nem a kiváltó jelenségek erőssége, hanem az emberekre és környezetükre gyakorolt hatások, illetve következmények tekinthetők mérvadónak.

Az Értelmező Kéziszótár (1992) meghatározása szerint a katasztrófa: „*Nagyarányú szerencsétlenség, (sors)csapás*”. [25; 658. o.]

Révai Nagy Lexikona (1911-1935) jobban körülhatárolja, és szűkebb értelmezésben tekinti a katasztrófákat. A természeti csapások közül a földrengéseket nevesíti is a következőképpen: „*tulajdonképpen valami fontos változásnak végleges következménye az ember életében; e névvel illetik a természet életében hirtelen fellépő nagyhatású, vést okozó rázkódásokat is*”. [26; 337. o.]

A fentiekkel ellentétben a Hadtudományi Lexikon (1995) már részletesebb definíciót ad: „*...az életet, az életfeltételeket, az anyagi javakat, a természeti környezetet súlyosan károsító vagy veszélyeztető, többnyire váratlan elemi csapás, természeti, ipari*

*(civilizációs) rendkívüli esemény, szerencsétlenség, amely nagy területeket, nagy tömegeket érint, és amelynek károsító hatása elleni védekezés az állami, az önkormányzati szervek, magán- és jogi személyek, más szervezetek összehangolt együttműködését, és szükség esetén rendkívüli intézkedések megtételét igényli.*” [27; 624. o.] A Hadtudományi Lexikon részletesen kifejti a katasztrófák jellemzői szerinti csoportosítást is.

A Hadtudományi Lexikonban megfogalmazott, részletes körülhatárolás alapján – és a megfelelő jogharmonizációs kodifikációt követően – született meg elsőként a magyar jogrendszerben a katasztrófa jogszabályi meghatározása, eszerint a katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 1999. évi LXXIV. törvény értelmező rendelkezései közt a következőképpen lett definiálva: *„...a sürgősségi helyzet vagy a veszélyhelyzet kihirdetésére alkalmas, illetőleg a minősített helyzetek kihirdetését el nem érő mértékű olyan állapot vagy helyzet (pl. természeti, biológiai eredetű, tűz okozta), amely emberek életét, egészségét, anyagi értékeit, a lakosság alapvető ellátását, a természeti környezetet, a természeti értékeket olyan módon vagy mértékben veszélyezteti, károsítja, hogy a kár megelőzése, elhárítása vagy a következmények felszámolása meghaladja az erre rendelt szervezetek előírt együttműködési rendben történő védekezési lehetőségeit és különleges intézkedések bevezetését, valamint az önkormányzatok és az állami szervek folyamatos és szigorúan összehangolt együttműködését, illetve nemzetközi segítség igénybevételét igényli.*”

Az 1999. évi LXXIV. törvényben emellett, külön meghatározásra került a katasztrófahelyzet, mint *„olyan mértékű katasztrófaveszély, illetőleg bekövetkezett katasztrófa, amikor az arra felhatalmazott állami szerv vezetője a katasztrófa veszélyének, bekövetkezésének tényét megállapította, és a szükséges intézkedéseket elrendelte*”. [28; 3. §]

A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló, 2012. január 1-től hatályban lévő 2011. évi CXXVIII. törvényben (a továbbiakban: Kat. tv.) az 1999. évi LXXIV. törvénnyel szemben nem szerepel a „sürgősségi helyzet” [29; 3. § 5.], mivel a szintén 2012. január 1-től hatályos új Alaptörvény az elemi csapásokat és ipari szerencsétlenségeket egyaránt veszélyhelyzetként kategorizálja.

A katasztrófa nemzetközi meghatározásában reprezentatív az Egyesült Nemzetek Katasztrófacsökkentés Nemzetközi Stratégia (UNISDR, 2009), mely szerint *a katasztrófa egy komoly szakadás egy közösség vagy társadalom működésében beleértve jelentős*

*emberi, tárgyi, gazdasági vagy környezeti veszteségeket és ezekre gyakorolt hatásokat, amelyek elhárítása meghaladja az érintett közösség vagy társadalom saját erőforrásai adta lehetőségeket.* [30; 9-10. o.] Az UNISDR megemlíti továbbá, hogy a katasztrófák kialakulása általában az alábbi tényezőkre vezethető vissza:

- a veszélyeknek való kitettség,
- a sebezhetőség, illetve annak körülményei és
- a megelőzésre és a károk csökkentésére irányuló kapacitások és intézkedések hiánya.

A fogalmakból is kitűnik, hogy a katasztrófák amellet, hogy emberi életet követelhetnek, közvetlenül okozhatnak sérülést, betegséget vagy más egészséget, mentális képességet vagy szociális jólétet károsító negatív hatást, anyagi javakban és vagyontárgyakban való károsodást, az alapvető szolgáltatásokban bekövetkező zavarokat, társadalmi és gazdasági válságokat, valamint környezeti ártalmakat. Az értelmezések különbözősége ellenére közös elem, hogy a következmények felszámolása összehangolt tevékenységeket igényel, azaz ösztársadalmi feladat.

## **1.2. Az egyes katasztrófatípusok kategorizálása**

A fentiekben vizsgált meghatározások alapvetően gyűjtőfogalomként kezelik a katasztrófákat. Tekintve, hogy egyes katasztrófa típusok hasonló, vagy teljesen különböző megelőzési stratégiákat és beavatkozási módszereket igényelnek, fontos szerepe van a katasztrófák csoportosításának. Az osztályozás különböző szempontok szerint történhet. Amennyiben nem tartalmuk szerinti megközelítésben vizsgáljuk a különböző elemi csapásokat, az alábbi csoportosítás az elfogadott: [31; 161-162. o.]

- eredet vagy jelleg szerint: *természeti és civilizációs katasztrófák*;
- helyük és kiterjedésük szerint: *helyi, térségi, országos és nemzetközi katasztrófák*;
- hatáserősség (intenzitás) szerint: *relatív, közepes, küszöb és abszolút katasztrófák*;
- tér és idő koordináták szerint: *statikus katasztrófák* (pl.: ipari létesítményben bekövetkező baleset), *dinamikus katasztrófák*: (pl.: nukleáris baleset);
- időparaméter alapján: *gyors, közepes és lassú lefolyású katasztrófák*.

Amennyiben a katasztrófát kiváltó jelenségeket tartalmi szempontból vizsgáljuk, a hatályos jogszabályi értelmezésekkel és a Nemzeti Katasztrófa Kockázat Értékelésben

feltárt szempontokkal is összhangban, a természeti és civilizációs eredetű veszélyforrásokat az alábbiak szerint csoportosítjuk [32; 117-118. o.].

1.) Természeti eredetű katasztrófák (elemi csapások):

- *(rendkívüli) árvíz,*
- *belvíz,*
- *rendkívüli időjárás okozta veszélyhelyzet (rendkívüli hideg, aszály, szélvihar, tornádó, hőség),*
- *földtani veszélyforrások (földrengés, földcsuszamlás, beszakadás, talajsüllyedés, partfalomlás, sárfolyás és gázfeláramlás),*
- *kiterjedt tűz.*

2.) Civilizációs eredetű veszélyforrások:

- *veszélyes ipari, mezőgazdasági létesítmények működéséből eredő veszélyek,,*
- *nukleáris létesítmények veszélye,*
- *közlekedési, szállítási útvonalak sérülékenysége (veszélyes anyagok szállítása, légi, vízi, földi közlekedési balesetek stb.),*
- *katonai célból, veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek, létesítmények.*

3.) Kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatos kockázatok:

- *a lakosság alapvető ellátását biztosító infrastruktúrák sérülékenysége (pl. ivóvíz- vagy energiaellátás),*
- *közlekedési infrastruktúra sérülékenysége,*
- *a közigazgatás és a lakosság ellátását közvetetten biztosító létesítmények sérülése.*

4.) Egyéb eredetű veszélyek:

- *felszíni és felszín alatti vizek szennyeződése,*
- *tározók (zagy- és víztározók) sérülékenysége,*
- *járványok,*
- *légszennyezettség.*

A magyar jogi szabályozás és védelmi szféra a hazai gyakorlati alkalmazás szempontjából a térségi, illetve helyi vonatkozású tapasztalatokat és kockázati értékeléseket veszi alapul, azonban a nemzetközi viszonylatban vett osztályozás szerint fontos megemlíteni a vulkanikus tevékenységből származó, geológiai eredetű veszélyforrásokat, valamint a szökőárakat, mint hidrológiai eredetű és a trópusi

ciklonokat, mint meteorológiai eredetű kockázatokat. Civilizációs jellegű katasztrófákhoz vezethetnek a terrorizmusból és illegális migrációból eredő társadalmi veszélyforrások is, amelyek katasztrófahelyzetté történő eszkalálódása abban az esetben következik be, ha a társadalom működését alapjaiban veszélyeztetik, valamint a kialakult kárterület kezelése a katasztrófa törvényi meghatározásának megfelelően meghaladja az erre rendelt szervezetek lehetőségét és kapacitásait. Ilyen következmények lehetnek a tüzek kialakulása és terjedése, az épületekben, épített infrastruktúrában bekövetkezett súlyos károk, a kritikus infrastruktúrák, illetve létfontosságú rendszerelemek sérüléséből eredő civilizációs jellegű katasztrófák, járványok stb.

A Katasztrófák Előfordulását Kutató Központ Nemzetközi Katasztrófa Adatbázisában (CRED EM-DAT) is ezen terminológia alapján csoportosítja az egyes katasztrófákat, ugyanakkor a hazai alkalmazásban elterjedt csoportosítással szemben más megközelítésből tekint a *járványokra*, mivel annak ellenére, hogy azok terjedése nem függetleníthető az emberi szerepvállalástól, a vírusok, gombák vagy baktériumok biológiai úton történő kialakulásra és fejlődésre vonatkoztathatóak. A járványok tehát eredetük szerinti csoportosításuk esetén természeti jellegű csapásnak minősíthetők, tekintve azonban, hogy tömeges terjedésük az emberek érintkezésével valósul meg a civilizációs eredetű katasztrófák közé is besorolhatóak. A hazai szakirodalom a jelleg szerint történő osztályozást főként a kialakulásra vonatkoztatja, ugyanakkor más megközelítésből, egy járvány katasztrófa szintű állapotá, vagy helyzetté történő eszkalálódása emberi szerepvállaláshoz köthető. A nemzetközi adatbázis emellett különböző módon csoportosítja a tüzeseteket is. Természeti eredetű katasztrófának tekinti a különböző bozót- és erdőtüzeket, mivel keletkezésük fő oka meteorológiai jelenségekre vezethető vissza (szárazság, villámcsapás), de civilizációs katasztrófaaként csoportosítja a különböző technológiai anomáliákból, emberi mulasztásból, vagy szándékos gyújtogatásból eredő tüzeseteket.

A katasztrófák jellegük szerint történő csoportosításának vizsgálatánál fontos megjegyezni, hogy a demográfiai folyamatok (a jelenlegi tendenciák alapján a Föld népessége 2050-re eléri a 10 milliárd főt) [33], az urbanizációs tendenciák, valamint az ipari és gépesített technológiák elterjedése miatt, a katasztrófák természeti és civilizációs jellegük szerint történő osztályozásának határa egyre szűkül, mivel az elemi csapásokat kiváltó geológiai, hidrológiai, meteorológiai stb. jelenségek kialakulása is az emberi tevékenység természetére, illetve a bolygóra gyakorolt hatásaira vezethetőek vissza.



A katasztrófák csoportosítását hazai és nemzetközi szinten vizsgálva megállapítható, hogy a kategorizálás gyakorlati jelentősége a felkészülés, illetve megelőzés szempontjából, hogy a veszélyeztetettség sajátosságainak (kockázat mértéke, a káresemény várható kiterjedése, intenzitása, lefolyása stb.) azonosítása által a károk megelőzése és az adandó válaszokra való felkészülés és tervezés hatékonysága jelentősen növelhető. A kategorizálás mindemellett nagyban elősegíti azon helyi, társadalmi, kormányzati vagy nemzetközi szintű mechanizmusok, illetve feladatokat meghatározását is, amelyek nélkülözhetetlenek a káresemények kialakulásának, illetve eszkalálódásának megakadályozása szempontjából.

Az egyes katasztrófák megelőzése, illetve a megelőző/felkészülési időszak feladatai összetett rendszert alkotnak a katasztrófavédelemben. Tekintettel a megelőzés szerepére és gyakorlati megvalósíthatóságának széles körére, első lépésként szükségesnek tartom a „megelőzés” fogalmának és elméleti megközelítésének elemzését, majd pedig stratégiai értelmezését a ráfordításokkal való összefüggésben is.

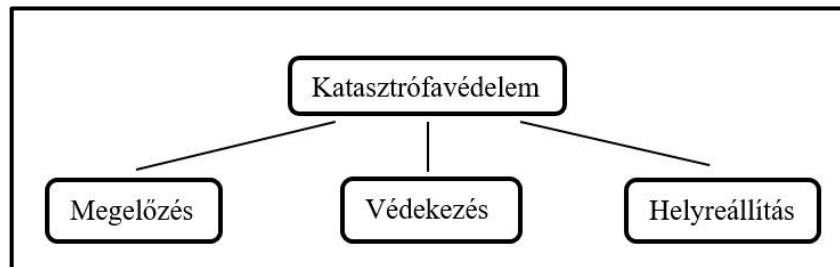
### **1.3. A megelőzés fogalmi értelmezése és feladatrendszere**

Az értelmező kéziszótár általánosságban definiálja a **megelőzést**, mint tevékenységet: „*valaminek a bekövetkezését megakadályozza.*” [34; 904. o.]

A Hadtudományi Lexikon a megelőzést orvosi, szocializációs, mentálhigiénés, nevelési és katonai humánpolitikai szempontból értelmezi, ugyanakkor a megelőző műszaki-technológiai intézkedéseket a következőképpen határozza meg: „*békeidőszakban esetleg bekövetkező katasztrófák, illetve háborús veszély idején alkalmazott támadófegyverek közvetlen és közvetett hatásai, következményei megakadályozására, csökkentésére irányuló, elemzésekkel, illetve számításokkal alátámasztott, megtervezett, a működőképesség fenntartását, az állampolgárok létfeltételeinek kielégítését célzó műszaki-technikai jellegű feladatok.*” [35; 904-905. o.] A katasztrófák megelőzése szempontjából az értelmező kéziszótár szerinti definícióhoz képest fontos aspektusa a meghatározásnak, hogy az intézkedések a hatások megakadályozása mellett azok csökkentésére is irányulnak.

A Kat. tv. a megelőzést a következőképpen értelmezi: „*minden olyan tevékenység vagy előírás alkalmazása, amely a katasztrófát előidéző okokat megszünteti vagy minimálisra csökkenti, a károsító hatás valószínűségét a lehető legkisebbre korlátozza.*” [29; 3. § 16. pont]

A hazai szakirodalom szerint a katasztrófavédelem a megelőzés, védekezés és helyreállítás/újraépítés hármasság tagolódású feladatrendszerében működik (1. sz. ábra), amelyben egyre hangsúlyosabb szerep hárul a megelőző intézkedésekre.



1. sz. ábra: A katasztrófavédelem feladatrendszere  
*Készítette: a szerző*

A megelőző időszak többek között általánosságban az alábbi feladatokat foglalja magába:

- hatás-, veszély- és kockázatelemzések,
- a katasztrófavédelem cél-, feladat-, és szervezetrendszerének meghatározása,
- a jogszabályi háttér megteremtése, illetve harmonizálása,
- veszélyelhárítási tervezés,
- hatósági, szakhatósági tevékenységek,
- képzés, oktatás, kiképzés, a beavatkozó állomány felkészítése, az anyagi feltételek és szükséges eszközök megteremtése, biztosítása,
- a lakosság felkészítése, tájékoztatása, a veszélyhelyzeti kommunikáció rendszerének kialakítása és működtetése,
- tudományos tevékenységek és a kutatás-fejlesztés folytatása és
- nemzetközi együttműködés. [36; 19-20. o.]

#### **1.4. A megelőzés helye a hazai és külföldi katasztrófavédelemben**

A megelőző tevékenységek mellett, hogy a katasztrófák kialakulási valószínűségének csökkentésére és a káros hatások megakadályozására és késleltetésére irányulnak [32; 10. o.], alapjaiban meghatározzák a védekezés eredményességét, mivel a hatékony beavatkozás és veszélyhelyzet-kezelés alapfeltételeit is a megelőző időszak során kell biztosítani. Ezen tevékenységek közé sorolhatóak a kiképzési, felkészítési, tájékoztatási és tervezési feladatok. Döntően befolyásolják a felkészülési és megelőzési folyamatokat az egyes kockázatértékelések és meghatározott tervezési alapok. A fentiek mellett megjegyzendő, hogy a Kat. tv., illetve annak végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI.

10.) Korm. rendelet a megelőzéssel, védekezéssel és helyreállítással kapcsolatos feladatokon túl a felkészülési tevékenységeket is nevesíti.

A 2012. évtől érvényben lévő, a katasztrófavédelmi tevékenységeket és feladatokat egységes szerkezetbe foglaló, integrált katasztrófavédelmi rendszer a polgári védelem, tűzvédelem és iparbiztonság hármas pilléréen keresztül új, komplex keretekbe foglalta a megelőzés szerepét és feladatait. Az integrált megközelítés a megelőzés fő feladatai között említi a következőket:

- katasztrófavédelmi hatósági tevékenységek végzése és feltételeinek biztosítása, a hatósági tevékenységet meghatározó jogszabályi háttér megteremtése,
- a települések valós veszélyeztetettség alapján történő, katasztrófavédelmi besorolása,
- integrált személet és mód mentén történő veszély-, és kockázatértékelések,
- a tapasztalatok és elemzések alapján prognózisok, lehetséges forgatókönyvek kidolgozása, a védekezés modellezése,
- a katasztrófák elleni védekezés cél-, feladat-, eszközrendszerének meghatározása, a szervezeti háttér megteremtése és működtetése,
- jogszabályalkotás, belső eljárásrendek kidolgozása, folyamatos felülvizsgálata,
- veszélyelhárítási és iparbiztonsági tervezés, a tervek és eljárásrendek folyamatos naprakészen tartása,
- a katasztrófák elhárításában résztvevő erők és állomány felkészítése, folyamatos oktatása, képzése és gyakorlatoztatása,
- a katasztrófavédelem gazdasági, logisztikai feltételeinek megteremtése, készletezés,
- a katasztrófavédelem működését, a kockázatok csökkentését és a felkészülést, illetve megelőzést támogató projektek és beruházások előkészítése és megvalósítása,
- a katasztrófavédelmi kommunikáció rendszerének kialakítása, a veszélyhelyzeti kommunikáció szervezeti, együttműködési és technikai feltételeinek biztosítása,
- a tudományos tevékenységek, kutatás-fejlesztés és innováció támogatása, az irányvonalak megadása és
- a nemzetközi együttműködés és kapcsolatrendszer felépítése és folyamatos fenntartása, a segítségnyújtási, tájékoztatási és előrejelzési együttműködési rendszerek előkészítése és megvalósítása. [32; 63. o.]

Az Amerikai Egyesült Államok Szövetségi Veszélyhelyzet-kezelési Ügynöksége (FEMA) is – sok más nemzetközi gyakorlathoz hasonlóan – a megelőzés, felkészülés, védekezés és helyreállítás négyes tagoltságában határozta meg a katasztrófák elhárításának feladatrendszerét. [8; 4-8. o.] A FEMA szerint a *megelőzés*, illetve a potenciális károk mérséklésének (*Mitigation*) időszaka azon megelőző intézkedéseket foglalja magába, amelyek hosszú távon csökkentik a katasztrófák általi potenciális kockázatot. Ezen tevékenységek között sorolható fel a veszélyalapú építészeti előírások bevezetése, illetve szabályozása, az építmények felülvizsgálata és megerősítése, a kritikus infrastruktúrák biztonságára vonatkozó előírások bevezetése, a veszélyhelyzeti tervezés, védelmi berendezések és létesítmények kiépítése, a meglévő építmények és épületelemek szerkezeti megerősítése. A *felkészülés* (*Preparedness*) időszaka a FEMA meghatározása szerint a vészhelyzetben történő beavatkozások előzetes tervezési és előkészületi tevékenységét jelenti. A felkészülés fő célja tehát a hatékony védekezés feltételeinek megteremtése. Ide sorolható a katasztrófavédelem szervezeti- és jogszabályi hátterének megteremtése, veszélyhelyzet- kezelési tervek kidolgozása, kockázatelemzések, veszélytérképezések, előrejelző, illetve monitoring rendszerek és figyelmeztető berendezések telepítése, működtetése, valamint képzés, oktatás, tájékoztatás, lakosságfelkészítés, tesztelések és közös gyakorlatok, próbariadók lebonyolítása stb.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a nemzetközi szabályozás és szakirodalom jobban elkülöníti a megelőzés és felkészülés keretében végzett feladatokat, ugyanakkor, amennyiben időben helyezzük el a katasztrófavédelem feladatrendszerében ezen tevékenységeket, akkor ugyanazon időszak keretében foglalhatjuk őket. A természeti jelenségek által kiváltott veszélyhelyzetekhez hasonlóan, az ipari katasztrófák esetén is elmondható, hogy a megelőző időszak keretében a veszélyhelyzet kialakulásának megelőzésére irányuló erőfeszítések mellett a kialakult eseményekre való reagálásra történő felkészülés is jelentős feladat. [38; 238. o.] A FEMA értelmezése szerinti felkészítési feladatokhoz kapcsolhatóak a hazai integrált katasztrófavédelem megelőzési feladatainak nagy része, mivel ezek átfogóan kezelik a hatékony védekezés hátterének és feltételeinek megteremtését, illetve biztosítását. A konkrét, megelőzésre irányuló feladatok pedig az integrált rendszer elemeit képező szakterületeken belül jelennek meg (pl. kockázatelemzések alapján műszaki felülvizsgálatok, megerősítések végrehajtása).

Tekintve, hogy a Kat. tv. is a megelőzés vonatkozásában a katasztrófát előidéző okok megszüntetését említi, jelen értekezés is azon megelőző intézkedések tárgyalására fókuszál, amelyek a károk kialakulásának megakadályozását, illetve minimalizálását

szolgálják egyaránt figyelembe véve a veszélyeztető csapás sajátosságait, valamint a veszélyeztetettség mértékét.

A fentiek mellett az értekezésben a korszerűség kritériumainak megfelelő, „innovatív szemléletű” megoldások és intézkedések hangsúlyossága miatt szükségesnek tartom a „*korszerű*” értelmezését röviden körüljárni. A gyakorlatra vonatkozóan legalkalmasabb megfogalmazáshoz szintén a vízügyi szakirodalomból tudtam meríteni. Az „Árvízvédekezés a gyakorlatban” című szakmai kiadvány szerint ***korszerűnek tekinthetjük*** mindazon módszereket, eszközöket és intézkedéseket, amelyeket a védelmi szolgálatok ez idáig nem alkalmaztak, ugyanakkor alkalmazásuk kevesebb élőmunka igényvel és hatékonyabb védelmi technológiával jár. Az értekezésben is ezen értelmezésen és együttes feltételeken alapulva vizsgálom a műszaki, illetve mérnöki megoldásokat. [21; 223. o.]

### **1.5. A katasztrófák megelőzése történetének főbb állomásai**

Az értekezésnek nem célja részletesen tárgyalni a megelőzés elvi, stratégiai és műszaki oldalainak történelmi hátterét, azonban a mai gyakorlat és a fejlődési irányvonalak kialakulása szempontjából fontos mérföldkövek ismerete nélkül a megelőzés elméleti vizsgálata sem lehet teljes. A természeti katasztrófákat kiváltó naturális eredetű jelenségek mindig előfordultak a történelem során, és a Föld élővilágának életében minden bizonnyal mindig jelen lesznek. A Bibliában is megfogalmazódtak utalások (özönvíz, nagy szárazság, bibliai tíz csapás) a földi életet jelentősen befolyásoló elemi csapásokra, de megemlíthető a tudósok által feltételezett, kb. 65 millió éve történt aszteroida becsapódás is, ami egyes vélemények szerint a Föld élővilágának csaknem teljes kipusztulásához vezetett. Dr. Nagy Károly és Dr. Halász László megfogalmazása, miszerint *„az ember a létfenntartásért folyó örökös harcban mindig arra törekedett, hogy a veszélyes, veszélyeztető tényezőtől, környezettől minél távolabb kerüljön”* [38; 7. o.], tökéletesen megállja a helyét őseink természeti csapásokhoz való viszonyához. Tudatos védekezési, illetve megelőzési formákat ebben a korszakban alig ismertek, az egyes pusztító eseményeket követően jellemző volt a népvándorlás, azaz a kárt szenvedett vagy megsemmisült élőhelyek elhagyása és új területen való letelepedés.

Az ókorban a városállamok, illetve városias települések és úthálózatok kialakulásával és elterjedésével, a köépítmények rohamos elszaporodásával, a természeti csapások is erőteljesebben éreztették hatásukat. A dokumentált történelmi katasztrófák

közül kiemeltképpen említhető a Vezúv i.sz. 79-es kitörése, emellett Nicomedia (mai Izmir) városát többször rombolta porig földrengés, de Kis-Ázsiában és az ókori Görög Birodalomban is számos feljegyzés maradt fenn pusztító földrengésekről. A mediterrán és közel-keleti térség aktív szeizmikus viselkedése és a hatalmas pusztítások ellenére sem alakultak ki tudatos megelőzési módszerek és építészeti irányzatok. Ennek vonatkozásában a technológiai fejletlenség mellett az is jelentős szerepet játszott, hogy az ókori emberiség a földrengések mögött többnyire isteni erőket hitt, ezért a városok megóvását elsősorban misztikus és vallási eszközökkel próbálták elérni. [39]

A középkori európai civilizációban a természeti katasztrófák áldozatainak száma, az állandó járványok és fegyveres konfliktusok áldozataihoz mérten, kifejezetten alacsony volt. Mindehhez az is hozzátartozik, hogy a Föld – így az „öreg kontinensnek” is a – populációja lényegesen kisebb volt, az európai kontinensen a mai lakosság számának mintegy egy tizede élt mindössze. [40; 1059. o.] A feudális viszonyokra jellemző módon a jelentős földbirtokokkal rendelkező földesurak és uralkodók elsősorban a birtokaik védelmére fókuszáltak, így az elemi csapások hatásainak jobban kitett városias települések védelmének érdeke háttérbe szorult. Tekintettel a földesurak jelentős materiális javakban mérhető vagyonára és a birtokokon egyre növekvő értékű tulajdonokra, az egyes katasztrófák egyre nagyobb potenciális kockázatot jelentettek, ami a veszteségek megelőzésére irányuló szerkezeti megoldások, illetve intézkedések kifejlesztésére és alkalmazására készítette őket.

A vallás társadalmi jelentősége a középkor évszázadai során is jelentős szerepet játszott a népesség természeti katasztrófákhoz kötődő viszonyában, ugyanakkor az egyházon keresztül ez a kapcsolat párosult a jótékonyossággal, illetve a katasztrófa sújtotta lakosság irányába történő adományozással is. Ezen időszakban alakult ki a kockázat megelőzését célzó kollektív gondolkodásmód, valamint az erőfeszítések és szükséges erőforrások társadalmon belüli elosztása. Mindezzel összhangban a természeti katasztrófákra, illetve súlyos következményekkel járó jelenségek hatásaira való felkészülés jegyében például centralizált módon történt az élelmiszer-készletek elraktározása. [40; 1065-1066. o.]

A XVII. században jelentek meg először a mai segélyszervezetek elődeinek számító csoportok, illetve szerveződések [41; 29. o.], azonban a katasztrófák megelőzésére alkalmazott technológiai eljárások terén áttörést csak az ipari forradalommal párhuzamosan zajló felgyorsult urbanizáció és a civilizációs katasztrófák általi fenyegetettség megjelenése jelentette. A XX. század végére a közösségi szabályozások, illetve irányelvek elterjedésével az építmények és épített környezet terén

kiemelten fontos szemponttá váltak a megelőzésre irányuló megoldások és erőfeszítések. Ezzel párhuzamosan, ugyanakkor, a természeti erőforrás-kihasználás rohamos növekedésével és a globális klímaváltozás hatásaival a Föld fordulóponthoz érkezett, ami a közelmúltban a katasztrófák megelőzésére alkalmazott technológiák, illetve erőfeszítések, valamint a megelőzés centrikus jogszabályozás és stratégiai környezet terén is megmutatkozik. Ezzel összefüggésben a ráfordítások optimalizálása és a lakosság megelőzés szempontú szemléletének növelése két, fejlesztésre szoruló terület.

### 1.6. A megelőzés stratégiáinak elvi kérdései napjaink természeti fenyegetéseinek tükrében

A modernizációs folyamatok felgyorsulásával egyidejűleg a megelőző intézkedések és eljárások egyre inkább elválaszthatóak lettek a káreseményeket követő beavatkozásoktól amellet, hogy a védekezésre való felkészülés napjainkban is a prevenciós intézkedésekkel egy szintre sorolható. A védekezésre és helyreállításra, valamint a megelőzésre irányuló tevékenységek – gyakorlatban is megmutatkozó – rendszerszintű különbségeit vizsgáltam, és az alábbi táblázatban (1. sz. táblázat) mutattam be. [42; 13. o.]

| A védekezési és helyreállítási feladatok   | Megelőzés és kockázatcsökkentési feladatok   |
|--|--|
| konkrét, megtörtént eseményekre irányulnak   | a sebezhetőséget és kockázati tényezőket veszi alapul, jövőbeni veszélyhelyzetekre fókuszál  |
| esemény alapú forgatókönyv alapján   | dinamikusan változó, több kockázati tényezőre és fejlesztési lehetőségre épülő forgatókönyv alapján                                  |
| tevékenységi körük egy adott eseményre adott válaszokra terjed ki                                      | a változó körülmények folyamatos megfigyelésén és vizsgálatán alapszik   |
| irányított, kontrolált és utasításokra épülő intézkedések  | helyzetfüggő szerepek, a szereplők köre nyílt  |
| determinált, hierarchikus rendszeren alapuló kapcsolatok és kommunikáció jellemző                      | változó, közvetett kapcsolatok és kommunikáció   |
| elsősorban előre meghatározott, illetve megtervezett gyakorlatra épít                                  | összehangolt gyakorlatra, képességre és szaktudásra épít   |
| azonnali és rövid távú intézkedések  | közép és hosszú távra irányuló intézkedések  |
| dinamikusan változó információs környezet  | egyaránt múltbeli, folyamatosan aktualizált, összegzett és egymással összevetett információk felhasználása                           |
| az eredmény szempontjából döntő adatokat tartalmazó, jogosultságot igénylő egyedi információs források | az információ-források lehetnek nyíltak és publikusak, amelyek változhatnak, illetve különbözhetnek az egyes nézőpontok függvényében |
| ki- vagy befelé irányuló és alá-, fölérendeltségi viszonyban történő szabályozott információ-áramlás   | szerteágazó és mellérendelt viszonyban történő információ-áramlás  |

1. sz. táblázat: A védekezési és helyreállítási, valamint a megelőzési és kockázatcsökkentési feladatok sajátosságaink rendszer szintű összehasonlítása  
*Forrás: The Management of Disasters, Waseda University [42], Készítette: a szerző*

Az előzőekből megállapítható, hogy a veszélyhelyzetek elkerülésére irányuló megelőző tevékenységek mind időben, hierarchiában és a lehetséges scenáriók tekintetében is függetlenebb, rugalmasabb és nyitottabb rendszert alkotnak a katasztrófavédelem feladatrendszerén belül, ami lehetővé teszi, hogy a korszerű szemléletű innovatív, új vagy átvett technológiák és fejlesztések is könnyebben beépüljenek a preventív intézkedések rendszerébe. Emellett, mind a műszaki tudományok és a természettudomány területén, a tudományos kutatások egyértelműen a kockázat-értékelésekre, megelőző stratégiákra és intézkedésekre helyezik a hangsúlyt, tehát ezt a szemléletet kell erősíteni.

Az elmúlt évtizedek során a katasztrófák megelőzését, illetve a lehetséges károk minimalizálását célzó törekvések egyre nagyobb prioritást kaptak nemzetközi szinten, továbbá a bekövetkezett káresemények is azt mutatják, hogy egy érintett régió, ország vagy terület gazdasági színvonala, illetve potenciálja **döntően befolyásolja a természeti katasztrófák okozta károk mértékét**, de a kármegelőzés eredményességét is. Mindezt támasztja alá az ENSZ világméretű fejlesztési hálózatának statisztikai felmérése, miszerint 1980 és 2000 között a katasztrófákkal összefüggésbe hozható halálesetek több mint fele, 53 %-a a fejlődő országokhoz köthető, annak ellenére, hogy ezen területek teljes népessége a világon „magas kockázatúnak” minősített lakosok számának mindössze 11 %-át teszi ki. Az ENSZ Környezetvédelmi Programjának keretében készült felmérés átlagolt értékei szerint a katasztrófák általi emberi sérülések és halálesetek 65 %-át az 1 főre számolt 760 USD éves GDP-t el nem érő országokat sújtja. [43; 22. o.] Minderre példaként említhető a 2011-es tóhokui és a 2010-es Haitit sújtó földrengések kontrasztja. Előbbi esetben a Richter-skálán mért 9-es erősség ellenére a rengéshullámok okozta rendkívüli igénybevételek következtében minimális károk következtek be Japánban, amíg a 2010-ben Haitinál kipattant, Richter-skála szerinti 7-es fokozatú földrengés áldozatainak száma – főként a gyenge színvonalon megépített lakó építmények miatt – százazres nagyságrendben volt mérhető. (Összehasonlításként: a Világbank 2011 évre vonatkozó adatai szerint – az értekezés készítésekor aktuális USD árfolyamon számítva – az egy főre számított éves GDP értéke Haitin 740 USD, Japánban ez az érték meghaladja a 46 000 USD-t.) [44] Számos hasonló példa említhető az amerikai és ázsiai kontinensen arra is, amikor a megelőzés hatékonyságának különbségei a súlyos anyagi károk mellett a halálos áldozatok számában mutatkozik meg elsősorban. Az egyes országok gazdasági lehetőségeivel összefüggésben a természeti katasztrófák kialakulását és a pusztítás mértékét jelentősen befolyásolják az alábbi okok:

- megelőző intézkedések hiánya, illetve gyenge színvonala,



- populáció növekedése,
- urbanizáció, zsúfolt települések, városrészek és
- az elhárításhoz és a védekezéshez szükséges infrastruktúra és logisztikai háttér hiánya.

A katasztrófák közegészségügyi hatásait kutató Eric K. Noji megállapítása szerint a fejlettségi szinttel kapcsolatban megemlíthető továbbá, hogy a gazdasági körülmények sok esetben arra kényszerítik a lakosságot, hogy az egyébként is gyenge színvonalon megépített lakóházaikat földcsuszamlások, árvizek, és más természeti katasztrófák másodlagos hatásainak erősen kitett területeken építsék, illetve ezekre a helyszínekre költözzenek. Másik ok, amit Noji megemlít, hogy az alacsonyabb fejlettségi szinttel rendelkező területeken a lakosság nem kap megfelelő oktatást, illetve tájékoztatást, amelyek nélkülözhetetlenek azon viselkedésmódok elsajátításához, amelyek a katasztrófák bekövetkezésekor a túléléshez szükségeltetnek. [43; 24. o.]

A természeti katasztrófák okozta károk aszimmetrikus eloszlása is rámutat arra, hogy mind a megelőzés, mind pedig a katasztrófák kialakulásának elvi tisztázásánál fontos szétválasztani a kiváltó jelenséget, amely többnyire természetes hidrológiai, geofizikai, meteorológiai stb. folyamat, valamint a katasztrófahelyzetet, mint bekövetkezett állapotot, azaz a kialakult kárterületet. Legegyszerűbb példaként említhetők a folyók áradásai, amelyek a vízfolyások természetes és sok esetben szükségszerű jelenségei, önmagukban nem jelentenek katasztrófát, azonban amennyiben az ártérben épületek, illetve települések szenvednek jelentős károkat, a törvényi értelmezés szerint már katasztrófa-helyzetről beszélhetünk. Ezen aspektusból kiindulva a szakirodalom és a gyakorlat is különbséget tesz a természeti katasztrófák általi veszélyeztetettség és kockázat teoretikus értelmezése között. Előbbi, a kiváltó jelenséghez köthető (természet)tudományos és műszaki szemszögből megközelíthető, amíg a kockázat általánosságban egy gazdasági fogalom [11; 44. o.], mivel annak mértékét alapvetően emberi tevékenységek és ráfordítások határozzák meg.

A Kat. tv. értelmező fentiekben bemutatott értelmezése szerint a megelőzés: *„minden olyan tevékenység vagy előírás alkalmazása, amely a katasztrófát előidéző okokat megszünteti vagy minimálisra csökkenti, a károsító hatás valószínűségét a lehető legkisebbre korlátozza.”* [29; 3. § 16. pont] A kulcs a *„katasztrófát előidéző okok”* mondatrészben van, ugyanis jelen esetben a katasztrófát előidéző ok nem a természeti jelenség, hanem annak emberre, vagy épített környezetre gyakorolt hatása (pl. épületek

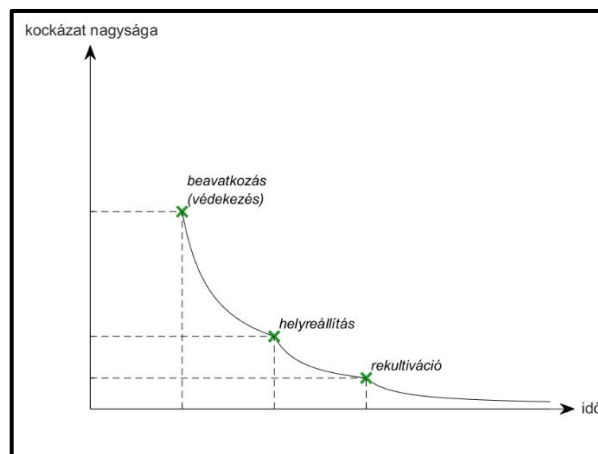
összedőlése). Megszüntetni, csökkenteni, vagy megelőzni a károk kialakulásának folyamatát vagy annak „eredményét” lehet. Tekintettel ugyanakkor arra, hogy megszüntetni csak egy időben már megkezdődött folyamatot lehet, a megelőzés szempontjából nem szerencsés ezen megfogalmazás a jogszabályi meghatározásban. A prevencióra irányuló kifejezések esetén szabatosabb az előidéző káros hatások kialakulásának megakadályozását kihangsúlyozni.

A fentiek alapján tehát megállapítható, hogy a természeti jelenségek akár a földrengések, árvizek vagy szélsőséges meteorológiai viszonyok esetén sem okoznak önmagukban katasztrófát, illetve veszélyhelyzetet. A katasztrófa helyzet bekövetkezésének a kiváltó jelenség mellett további fontos összetevői az emberi jelenléttel és tevékenységgel összeköthető körülmények és a természeti szélsőségek ezekre gyakorolt közvetlen, vagy közvetett hatásai.

Sok vita látott napvilágot arról, hogy az elemi katasztrófák esetén egyáltalán ***beszélhetünk-e megelőzésről***. Ezen elmélet mentén, illetve annak tudatában, hogy a természetes folyamat (pl. árvizek, vagy földrengések kialakulása) nem szüntethető meg, elmondható, hogy az is eleget tesz a megelőzés eredményességének, ha az ember a szélsőségek által veszélyeztetett területekről tudatosan kivonja magát, illetve nem hoz létre ott semmilyen épített infrastruktúrát. A természeti katasztrófák megelőzésének teoretikus tisztázásánál tehát fontos szempont, hogy a megelőzés a katasztrófa, mint károkozással járó helyzet hatásainak minimalizálására irányul, a gyakorlatot is ennek megfelelően kell kialakítani és fejleszteni. Mindez alapján, a természeti katasztrófák ***megelőzését*** pragmatikusan úgy definiálom, hogy *„azon intézkedések és tevékenységek összessége, amelyek szélsőséges természeti jelenségek emberi életekre, vagy mesterségesen létrehozott, illetve működtetett területre, környezetre, infrastruktúrára stb. való káros hatásokat csökkentik és hozzájárulnak a másodlagos hatások kialakulásának megakadályozásához.”* Ezen intézkedés-rendszer keretében az alábbi fő tevékenységeket javaslom végrehajtani:

- kockázatértékelés,
- felkészülés és felkészítés (beleértve a védekezés megszervezését, tervezését és feltételeinek megteremtését is),
- védelmi tervezés,
- kockázat alapú szabályozás és
- műszaki megelőző beavatkozások.

A katasztrófák megelőzésének másik fontos aspektusa a **ráfordítások megtérülésének és szükségés mértékének vizsgálata**, amelyek egyben determinálják a megelőző időszakban végrehajtott intézkedések hatékonyságát, fenntarthatóságát, illetve indokoltságát is. A katasztrófák megelőzését célzó, alapvetően nem jövedelemtermelő beruházások, fejlesztések, vagy intézkedések esetén tehát, a védekezés eredményessége szempontjából fontos a költséghatékonyság, illetve a kockázat és a beavatkozási (pl. védekezési, helyreállítási) költségek alapján meghatározható optimális mértéke a ráfordításoknak. A kockázat csökkentésére irányuló megelőző fejlesztések és intézkedések során figyelembe kell venni az „intézkedés nélküli állapotban” felmerülő, potenciális káreseményekhez rendelhető kárelhárítási beavatkozásokból (pl. árvízi védekezések, vagy mentés), a helyreállításból, illetve az újjáépítésből, valamint az esetleges rekultivációból eredő költségeket (2. sz. ábra).

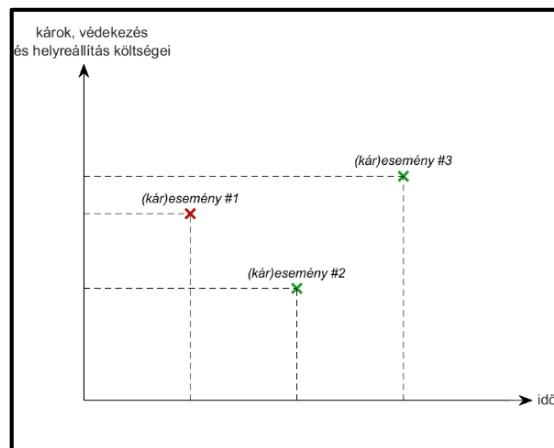


2. sz. ábra: Adott kockázat függvényében felmerülő káresemények során jelentkező feladatokhoz tartozó költségek, *Készítette: a szerző*

A megtérülési számítása során, a fenti, „intézkedés nélküli állapotban” alapuló metodikát a megállapított visszatérési idők alapján potenciális káreseményekként determinált esetekben külön-külön szükséges levezetni (3. sz. ábra). Mindez alapján, becsléssel megállapítható a megelőző intézkedések számszerűsíthető megtérülése, adott időben felmerülő káreseményekhez tartozó költségek és gazdasági károk összeadódásának és a ráfordítási költségek függvényében.

Az egyes természeti katasztrófák különböző típusától és jellegétől függően a káresemények előfordulásával kapcsolatos feladatokat természetesen nem lehet analóg módon értelmezni. Az árvizek esetében a diagramon feltüntetett egy-egy előfordulási valószínűségi (kár)esemény egy-egy rendkívüli árvízi eseménnyel feleltethető meg,

vagyis az intézkedés nélküli állapot esetén a ráfordítások megtérülését, illetve a várható károk mértékét a védekezési költségek függvényében szükséges vizsgálni.



3. sz. ábra: A prognosztizált (kár)eseményekhez kapcsolódó védekezési és helyreállítási költségek az idő függvényében, *Készítette: a szerző*

A várható megtérülés szempontjából az alábbiakban felsorolt, további tényezők figyelembe vételét javaslom:

- *ráfordítás költsége*: ide sorolhatóak egyaránt a fenntartási és üzemeltetési költségek, a beruházás, illetve intézkedés végrehajtásának költségei és a pótlólagos ráfordítások (pl. állagmegóvás),
- *idő* (megtérülési idő, hosszú távú fenntarthatóság), valamint
- a megelőző technológiák alkalmazása esetén *a területre gyakorolt járulékos hatások* (pl. területhasználat, mezőgazdaságra gyakorolt hatás, gazdálkodásváltás szükségessége stb.).

A ráfordítások optimalizálása, valamint a megtérülés céljából szintén nagyon fontos szempont az egyes intézkedések és beavatkozások együttes hatása, ami egyben a megelőzést célzó koncepcióalkotás egyik legfőbb aspektusa is. Fontos tisztázni, hogy egy adott cél (pl. egy építmény külső hatásokkal szembeni ellenálló képességének növelése), vagy egy kitűzött indikátor (pl.: védett lakosok száma) eléréséhez melyek azok az intézkedések, amelyek együttes hatásaikkal hozzájárulnak. Tipikus példaként említhető erre az árvízmentesítés során alkalmazott hullámtér-rendezések és nyomvonalas létesítmények kiépítésének együttes hatásainak vizsgálata. Ezzel összhangban, a megtérülés szempontjából szintén fontos vizsgálni az egyes alternatívákat, illetve azok szembeállítását. Ezen elvet kell követni a különböző költség-, haszon-, illetve változat-

elemzéseknek is, amelyeknek az egyes változatok elemzésére, a „legjobb” alternatíva alátámasztására, a pénzügyi fenntarthatóság vizsgálatára és a társadalmi hasznosság elemzésére kell irányulniuk.

A fentiek alapján elmondható, hogy a katasztrófák kialakulásának megelőzését és a károk enyhítését célzó, nem bevételre irányuló, illetve nem jövedelemtermelő beruházások és intézkedések megtérülését a védekezési költségek, valamint a fejlesztés nélküli állapot esetén várható károk, helyreállítás, illetve rekultiváció költségei determinálják. A megtérülést, mint az elvégzett megelőző tevékenységeket alátámasztó szempontot, továbbá a **megtérülési idő határozza meg**. A pénzügyi elemzések során ezek a számítások a fejlesztési különbözeten alapuló módszert alkalmazásával végezhetőek el. A beruházások keretében történő ráfordítások megtérülésének vizsgálatánál figyelembe kell venni, hogy a vagyonsvédelem és a gazdasági érdekek mellett a fenti elemzésben hová helyezhető az emberi élet, valamint a lakosság alapvető ellátásának biztosítását célzó létfontosságú rendszerek és azok létesítményeinek védelme. Ezzel kapcsolatban fontos tényező és egyben evidencia, hogy az egyes megelőző beavatkozások során az emberi élet és a lakosság testi épségének megóvása megkérdőjelezhetetlen elsőbbséget kell, hogy élvezzen [45; (3) bekezdés]. Az optimális ráfordítás vizsgálata esetén, amellyel, hogy a mérleg nyelve egyértelműen az óvintézkedések fokozása felé billen a kockázat számítása során az emberi élet védelmét más-más szempontból kell figyelembe venni. Közös nevezőként javasolható a veszélyeztető jelenség potenciális hatásaival érintett területek kategorizálásán alapuló megközelítés, amit egyaránt lehet alkalmazni árvizek és földrengések esetén is. Jó példa erre az OVF által megvalósított „*árvízi veszély- és kockázati térképezés, stratégiai kockázatkezelési tervezés*” című projekt. Ennek keretében az emberi életre vonatkozó árvízi kockázat – a nemzetközi gyakorlatot is figyelembe véve – terhelési osztályok<sup>2</sup> szerint került meghatározásra az adott terület népsűrűsége és az elöntés valószínűségének függvényében. [46; 43. o.] A besorolás az emberi életet veszélyeztető közvetlen hatások mellett, figyelembe veszi a pszichés terhelést, illetve a hosszú távú egészségkárosodást előidéző közvetett hatásokat is. A kockázati tényezőkön alapuló kategorizálás meghatározza azon eseteket is, amikor a megelőző alternatíva, vagy alternatívák elsősorban a lakosság életének védelmét kell, hogy szolgálják, másodsorban a gazdasági érdekeket, továbbá a kulturális és ökológiai értékek védelmét. Az optimális ráfordítás mértékének vizsgálatánál a lakosság életének

<sup>2</sup>Az ÁKK az emberi élet kockázatát a laksűrűség és az elöntés valószínűségének szorzataként számolva 1-5. terhelési osztályban különbözteti meg [46; 43. o].

és testi épségének megóvását a kockázat számítása alatt figyelembe kell venni, ami a szükséges ráfordítási költségeknek jelentős növekedését idézheti elő. Az árvízmentesítést célzó beruházások esetén hazánk szempontjából nem elhanyagolható körülmény, hogy mivel nem jövedelemtermelő projektekről beszélünk, az Európai Unió társfinanszírozásból biztosított források általában 100 %-os támogatási intenzitással rendelkezésre állnak.

A továbbiakban a katasztrófák elméleti hátterének és csoportosításának analógiáját figyelembe véve, a természeti eredetű csapások előfordulásának globális szintű vizsgálatára kerül sor a CRED EM-DAT által kategorizált és nyilvántartott események alapján, annak céljából, hogy a hazánkban is jelentős kockázattal bíró természeti jelenségek előfordulási tendenciái azonosíthatóak legyenek.

### 1.7. A természeti katasztrófák előfordulása és területi eloszlása globális szinten

A CRED EM-DAT adatbázisába katasztrófa minősítéssel történő nyilvántartásba vételhez az alábbi szempontok közül legalább egy feltételnek teljesülnie kell:

- a csapás következtében legalább 10 ember életét veszti,
- a káresemény legalább 100 embert érint,
- szükségállapot bevezetésére kerül sor és
- reagálásként nemzetközi segítség igénybevétele válik szükségessé. [47]

A fenti kritériumok alapján a globális szinten bekövetkezett, a CRED EM-DAT által regisztrált természeti katasztrófákat az alábbi táblázat (2. sz. táblázat) számszerűsíti 1950-ig visszamenőleg:

| Év               | Események száma | Halottak száma   | Sérültek száma   | Érintettek száma     | Kár összege [ezer USD] |
|------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------|------------------------|
| <b>1950-1959</b> | 294             | 2 127 121        | 14 122           | 19 678 759           | 6 058 760              |
| <b>1960-1969</b> | 583             | 1 750 461        | 808 674          | 199 444 813          | 18 445 700             |
| <b>1970-1979</b> | 903             | 986 867          | 549 810          | 543 610 077          | 53 846 621             |
| <b>1980-1989</b> | 1 824           | 796 770          | 314 981          | 1 242 569 788        | 183 851 222            |
| <b>1990-1999</b> | 2 973           | 527 613          | 1 588 935        | 2 023 383 059        | 699 538 731            |
| <b>2000-2009</b> | 4 476           | 839 461          | 3 281 756        | 2 282 927 076        | 892 432 822            |
| <b>2010-2016</b> | 2 553           | 450 228          | 1 518 421        | 1 310 383 689        | 1 035 395 805          |
| <b>Összesen</b>  | <b>13 606</b>   | <b>7 478 521</b> | <b>8 076 699</b> | <b>7 621 977 261</b> | <b>2 889 569 661</b>   |

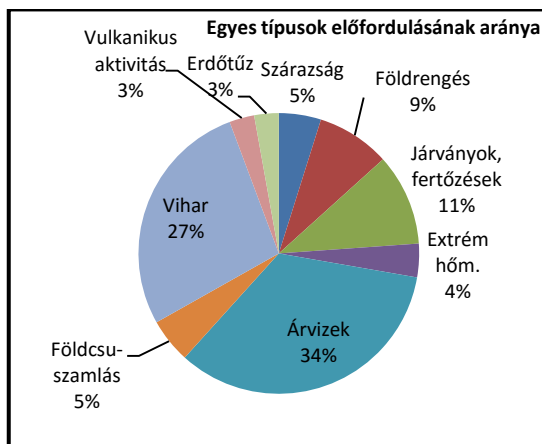
2. sz. táblázat: A természeti katasztrófák előfordulása 1950-től 2016-ig 10 évenkénti bontásban *Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*

Az események számának alakulása tükrében megállapítható, hogy az elemi csapások száma évtizedenként ugrásszerűen növekszik, ugyanakkor – vélhetően a megelőző intézkedések terjedése és a védelmi képességek fejlődése révén – a halálos áldozatok és sérültek számában szerencsére nem mutatható ki egyértelmű növekedés. Sőt, amennyiben az 1950-1970-es időszakot hasonlítjuk össze az elmúlt 20 év statisztikájával, akkor elmondható, hogy az emberi életek megóvása terén jelentős eredményeket sikerült elérni. Mindez nem mondható el az anyagi károk tekintetében, mivel az épített infrastruktúrák folyamatos terjedése és az erőteljes urbanizációs folyamatok okán, az elemi csapások számának növekedésével párhuzamosan azok intenzitása is megnőtt, ami egyre növekvő anyagi károkban mutatkozik meg amellett, hogy jelentős kihívást vetít előre ezen tendencia megfordításában. Összehasonlításképpen, az 1950-es években a katasztrófák által okozott károk regisztrált, becsült összege amerikai dollárban számolva kb. 6 milliárd USD, ellenben 2000 és 2010 között ez az összeg csaknem 150-szeresére, 892,4 milliárd dollárra növekedett. Amennyiben az elmúlt mintegy 65 év alatt regisztrált természeti csapásokat típusonként különböztetjük meg (3. sz. táblázat), megállapítható, hogy a halálos áldozatok és sérültek száma, valamint az okozott kár tekintetében földünk legpusztítóbb természeti katasztrófái közé a földrengés, az árvizek és a viharok (főként trópusi ciklonok) által okozott katasztrófák sorolhatóak

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

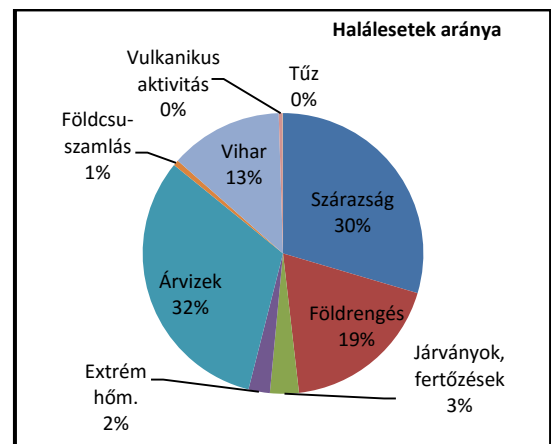
3. sz. táblázat: A természeti katasztrófák előfordulása 1950-től 2016-ig katasztrófatípusonként *Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*

A fenti adatok alapján elmondható, hogy 1950 és 2016 között globális szinten bekövetkezett, 13 606 természeti katasztrófának minősülő esemény mintegy 9 %-a volt földrengés, 27 %-a vihar és 34 %-a árvíz (4. sz. ábra), ezen időszak alatt a halálos áldozatok csaknem 65 %-áért (5. sz. ábra), valamint az okozott anyagi károk 91 %-áért ez a három katasztrófatípus tehető felelőssé (6. sz. ábra).



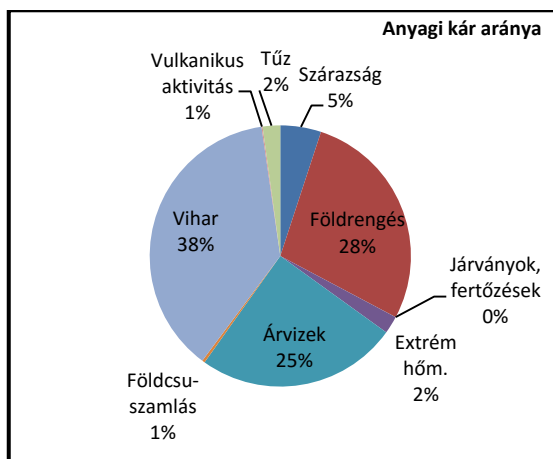
4. sz. ábra: Az események számának aránya a katasztrófák típusainak függvényében (1950-2016)

*Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*



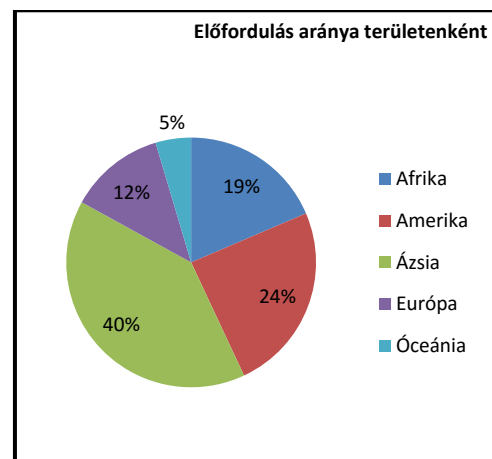
5. sz. ábra: A halálesetek számának aránya a katasztrófák típusainak függvényében (1950-2016)

*Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*



6. sz. ábra: Az okozott anyagi kár aránya a katasztrófák típusainak függvényében (1950-2016)

*Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*



7. sz. ábra: A természeti katasztrófák számának aránya kontinensenként (1950-2016)

*Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*

A fenti kimutatás alapján megállapítható, hogy egyes természeti katasztrófák területi eloszlása szerint a legveszélyeztetettebb kontinensnek Ázsia számít, míg Európa



– Észak- és Dél-Amerika elválasztása esetén – az 5. helyet foglalja el a kontinensek rangsorában, csupán a jóval alacsonyabb számú népességgel rendelkező óceániai régióban fordul elő kevesebb természeti katasztrófa (7. sz. ábra).

Az elemi csapások előfordulásának területi eloszlása alapján az 1950 és 2016 között eltelt időszakban a legveszélyeztetettebb régiók<sup>3</sup> közé az alábbiak sorolhatóak [1]: 1. Dél-Ázsia (1781 esemény) 2. Délkelet-Ázsia (1621) 3. Kelet-Ázsia (1541) 4. Dél-Amerika (1084) 5. Észak-Amerika (1024) ... **11. Kelet- és Közép-Európa (482)**

Ugyanezen időszakban a legveszélyeztetettebb országok rangosra pedig a következők: 1. Egyesült államok (902 esemény) 2. Kína (828) 3. India (653) 4. Fülöp-szigetek (587) 5. Indonézia (460) 6. Banglades (321) 7. Japán (302) 8. Mexikó (248) 9. Ausztrália (227) 10. Brazília (221) ... **100. Magyarország (31)**

Az egyes régiók és főként országok veszélyeztetettségi szintjének rangsorolásánál az elhelyezkedés mellett lényeges tényező a területi kiterjedés is, ugyanakkor a fenti rangsorolás is megerősíti, hogy a veszélyeztető természeti jelenségek előfordulása alapján sem hazánk, sem pedig a szomszédos országok nem tartoznak a természeti katasztrófák által kiemelten veszélyeztetett nemzetek közé. Az 1950 és 2016 között Magyarországra regisztrált 31 esemény mintegy fele árvíz okozta katasztrófa volt.<sup>4</sup>

Amennyiben a különböző régiók veszélyeztetettségét az 1970-es, 1990-es és 2000-es évek összehasonlításában tekintjük, a sorrendek az alábbiak szerint alakultak (4. sz. táblázat): [1]

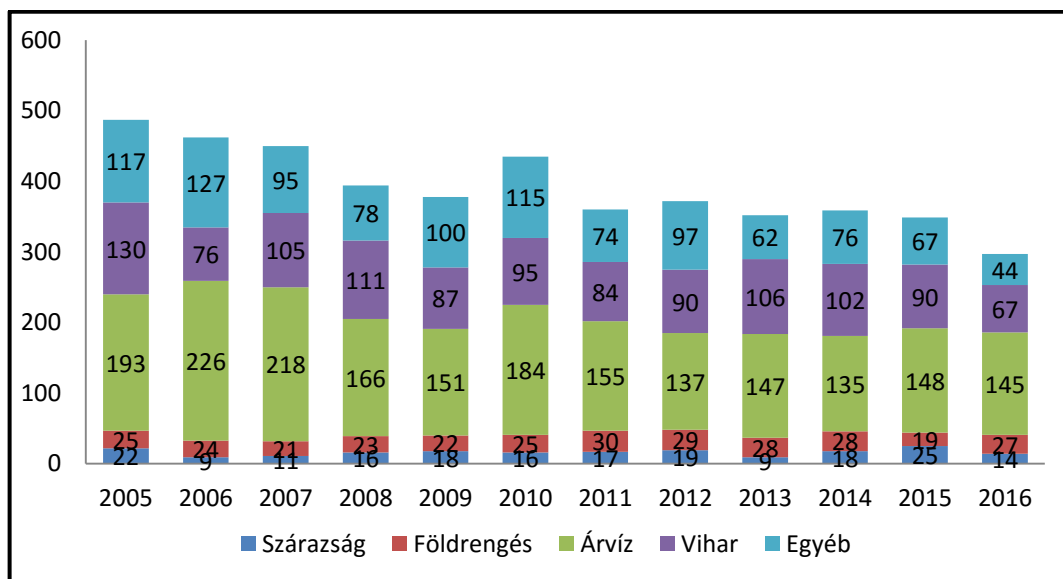
|    | 1970-es évek:                         | 1990-es évek:                           | 2000-es évek:                         |
|----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1. | Dél-Ázsia (144 esemény)               | Dél-Ázsia (393 esemény)                 | Dél-Ázsia (531)                       |
| 2. | Délkelet-Ázsia (138)                  | Délkelet-Ázsia (339)                    | Délkelet-Ázsia (516)                  |
| 3. | Kelet-Ázsia (101)                     | Kelet-Ázsia (305)                       | Kelet-Ázsia (453)                     |
| 4. | Dél-Amerika (95)                      | Észak-Amerika (283)                     |                                       |
| 5. | Kelet-Afrika (51)                     | Dél-Amerika (230)                       |                                       |
|    | ...                                   | ...                                     | ...                                   |
|    | <b>18. Kelet- és Közép-Európa (7)</b> | <b>10. Kelet- és Közép-Európa (122)</b> | <b>8. Kelet- és Közép-Európa (23)</b> |

4. sz. táblázat: A természeti katasztrófák előfordulása régióként  
*Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*

<sup>3</sup>A CRED EM-DAT adatbázis területi kiterjedés alapján összesen 23 régiót különböztet meg a Földön. Külön régióként kezeli például Kelet-Ázsiát, Dél-Amerikát és Észak-Amerikát és Oroszországot.

<sup>4</sup>A CRED EM-DAT adatbázisa 1970-től regisztrálja hazánk területén előforduló katasztrófákat.

A régiók veszélyeztetettsége tekintetében Ázsia déli és keleti területei változatlanul a katasztrófák által leggyakrabban sújtotta területeknek számítanak. Mindemellett, Dél-Amerika, Észak-Amerika és Kelet-Afrika is az elmúlt évtizedek során folyamatosan előkelő helyet foglal el a veszélyeztetett régiók rangsorában. Mindenképp jelzésértékű a Kelet- és Közép-Európában regisztrált katasztrófák számának évtizedenként mért tendenciózus növekedése, amelyben minden bizonnyal szerepet játszik a nyilvántartás 1970-es évekre visszavezethető adatainak pontatlansága is, de figyelemreméltó, hogy Kelet- és Közép-Európa 10 helyet jött fel a veszélyeztetettségi listán 30 év leforgása alatt. Megállapítható továbbá, hogy a hazánkra vonatkozóan nyilvántartott katasztrófák száma – a Közép- és Kelet Európai adatokhoz hasonlóan – a XXI. század elejére a 30 évvel korábbi állapothoz képest többszörösére növekedett. Globális szinten a 2005-ig visszamenőleg vizsgált adatok szerint (8. sz. ábra) az elemi csapások száma nem mutat folyamatos növekedést, ugyanakkor továbbra is az árvizek, viharok és földrengések tehetők felelőssé a legnagyobb mértékű károk kialakulásért.



8. sz. ábra: Az egyes természeti katasztrófák számának eloszlása (2005-2016)  
*Forrás: CRED EM-DAT [1], Készítette: a szerző*

Az elmúlt 10-12 év során nem tapasztalható az egyes természeti katasztrófátípusok előfordulásának és intenzitásának folytonos növekedése, az adott évben regisztrált magas halálozási számot, illetve kiugróan jelentős okozott anyagi károkat jellemzően egy-egy extrém mértékű elemi csapás idézi elő, ami megmutatkozik a statisztikai adatokban fellelhető szélsőségekben is. Mindez alátámasztja azon korábbi következtetést, mely

szerint az elmúlt évtizedben a természeti katasztrófák általi globális veszélyeztetettség megnövekedett. Példának okáért, az elmúlt években a halálos áldozatok, vagy anyagi kár tekintetében kimagasló számokat idézett elő a 2016-ban Ecuadorban, 2015-ben Nepálban, 2011-ben Japánban (szökőárral párosulva) és 2010-ben Haitin pusztító földrengés.

### **1.8. Hazánk veszélyeztetettsége a természeti katasztrófák előfordulása tükrében**

Hazánk vonatkozásában a CRED EM-DAT adatbázisa 1970-ig visszamenőleg összesen 31 természeti katasztrófát regisztrált 2016. év végéig [1], melyek vonatkozásában a halálos áldozatok száma: 1032 fő, a sérültek száma: 800 fő, az anyagi kár becsült mértéke pedig: 1,96 Mrd USD (kb. 540 Mrd Ft). A 31 nyilvántartásba vett esemény közül 16 esetben árvíz, 6 esetben vihar, 5 esetben szélsőséges hőmérséklet, 3 esetben szárazság, 1 esetben pedig földrengés okozott katasztrófát. A legtöbb halálos áldozatért (662 fő) az extrém alacsony vagy magas hőmérséklet tehető felelőssé. Az elemi csapások globális szintű veszélyeztetettsége tekintetében a továbbiakban a földrengés- és árvíz-katasztrófák hazánkra vonatkozó tendenciáinak és előfordulásának részletes vizsgálatára kerül sor, mindezzel megalapozva az értekezés következő részében ezen kártételek megelőzési kérdéseinek részletes vizsgálatát és az arra tett javaslatokat.

#### ***1.8.1. Magyarország árvízi veszélyeztetettsége***

Az árvízi helyzet és veszélyeztetettség elemzésével foglalkozó kutatási eredmények mellett, a korábbiakban jelen értekezésben is vizsgált statisztikai adatok is rámutatnak arra, hogy Magyarországon a természeti csapások vonatkozásában az árvízi kockázat a legmagasabb. Az európai országok közül is kimagaslóan magas fokú, több száz éve fennálló veszélyeztetettség oka elsősorban a Kárpát-medence, illetve az ország földrajzi elhelyezkedésére és vízrajzi adottságaira vezethető vissza.

##### ***1.8.1.1. Magyarország domborzati és vízrajzi jellemzői***

Hazánk vízrajza szempontjából meghatározó, hogy a Kárpát-medence Európa legnagyobb hegységközi medencéje, így folyóvizeink vízhozamát a körülölelő hegyekkel alkotott vízgyűjtő területek döntően befolyásolják. Mindemellett, a magas fokú árvízi és belvízi veszélyeztetettséghez hozzájárul az is, hogy az ország területének mintegy 68 %-a 200 m-es tengerszint feletti magasságnál alacsonyabban fekszik. A síkvidéki területek jellemző ökoszisztémájának köszönhetően a természetésre optimális, mezőségi

talajviszonyok, valamint a sajátos, erdőségek által ritkábban alkotott növényvilág mind elősegítik a belvizek és árvizek kialakulását. A csapadék mennyiségétől függően folyóink éves vízhozamának kb. 95 %-a az ország határain túlról érkezik, és az egyenetlen eloszlású, a központi területek felé összpontosuló (centripetális), átmenő vízhálózaton keresztül déli irányban hagyja el az országot. Hazánk területén összesen 22 folyó található meg, mintegy 2 800 km hosszúságban. [48] Folyóink vízkészletének 75 %-át a Duna, a Tisza, a Dráva és a Dráva együttesen teszi ki. Az ország teljes területe a Duna vízgyűjtőjéhez tartozik a Duna közvetlen, helyi vízgyűjtőjén, és a Tisza, valamint a Dráva által levezetett vizeken keresztül. A Duna teljes vízgyűjtő területét vizsgálva megállapítható, hogy a Magyarországon kialakuló árvizek szempontjából a Németországban és Ausztriában mintegy 132 000 km<sup>2</sup> területen, a hegyvonulatok mentén elterülő Felső-Duna vízgyűjtő a legjelentősebb. [49; 18-24. o.] Az ország árvízi veszélyeztetettségét szintén nagyban meghatározó tiszai vízgyűjtő területe Magyarország mellett elsősorban Ukrajnát, Szlovákiát és Romániát érinti. A két, árvízi veszélyeztetettség szempontjából meghatározó folyónk esetén fontos megjegyezni továbbá, hogy a Duna hosszának 14,5 %-a (417 km), a Tiszának pedig 60 %-a (595 km) található Magyarország területén, ami csak önmagában több mint 1000 km hosszúságú lefolyás mentén jelent árvízi kockázatot. [50]

### ***1.8.1.2. Magyarország éghajlati jellemzői***

Tekintettel arra, hogy hazánk földrajzi elhelyezkedése révén kevésbé van kitéve az óceáni éghajlat közvetlen hatásainak, a nyári középhőmérséklet rendszerint magas, a téli általában alacsony, a csapadék mennyisége pedig alacsonyabb a Nyugat- és Észak-Európában mérhető átlagoknál. Mindemellett, az időszakosan kialakuló, gyors lefolyású árvizek és villámárvizek kialakulását a nyugatról érkező, hűvös és nedves óceáni légtömegek is előidézhetik, melyek alkalmanként elérik a Kárpát-medencét is [50]

A folyóinkon levonuló árhullámokat, illetve árvizeket elsősorban a vízgyűjtő területeken mérhető csapadékmennyiségek, valamint a hőmérséklet felmelegedésével összefüggő hóolvadások mértéke, illetve üteme határozza meg. Ezen jelenségek árvizek kialakulásához kapcsolódó összefüggéseit a Duna és Tisza részvízgyűjtő területein elhelyezett csapadékmérő állomások adatai alapján a nagyobb árvizekkel jellemezhető 2010-től 2014-ig terjedő időszak vonatkozásában vizsgáltam.

Folyóink vízjárásának változása, illetve vízhozama főként a vízgyűjtő területeken mérhető csapadék mennyiségétől függ. A kora tavaszi árhullámok kialakulása a

hőmérséklet felmelegedésével összefüggő hóolvadáshoz, a nyár eleji árvizek pedig az intenzív esőzésekhez köthetőek, amelyet a budapesti, debreceni és szegedi csapadékmennyiségekre vonatkozó adatsorok (1. sz. melléklet) is megerősítenek. Mindemellett, a szélsőséges időjárási körülmények, illetve a nyári intenzív csapadékhullások lokális villámárvizeket is előidézhetnek. Ezek a jelenségek a mediterrán hatás érvényesülése miatt elsősorban az ország délnyugati részén, valamint a csapadékmennyiségek kisebb területen történő koncentrálódása okán, a magas fekvésű területeken tapasztalhatóak. [48]

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (a továbbiakban: OMSZ) az 1901-2009-ig terjedő időszakra vonatkozó végzett elemzése szerint a Magyarországon mért éves átlagos csapadékmennyiség 2009. évre lecsökkent. Az ingadozó éves csapadékértékek miatt még évtizedek távlatából is nehéz tendenciózusos változásokat kimutatni, ugyanakkor az OMSZ felmérése megállapította, hogy az éves csapadékmennyiség 2009-ben az 1901-bent mért adatokhoz képest 7%-kal, az 1960-ban mért adatokhoz mérten pedig 2,3%-kal csökkent (5. sz. táblázat). Ennek fő oka a tavaszi és őszi hónapokban mért szignifikáns csökkenés (-19,8 % és -16,6 % 1901-hez képest), ugyanakkor a nyári és téli időszakban kisebb mértékű növekedés mutatható ki (+8,9 % és +1,4 % 1901-het képest). [6]

| Évszak  | 1901-2009 | 1960-2009 |
|---------|-----------|-----------|
| Tavaszi | -19,8 %   | -3,1 %    |
| Nyári   | +8,9 %    | -0,2 %    |
| Őszi    | -16,6 %   | -3,3 %    |
| Téli    | +1,4 %    | -2,7 %    |
| Év      | -7 %      | -2,3 %    |

5. sz. táblázat: Az országos csapadékmennyiségek átlagainak változása 1901-2009 és 1960-2009 között

*Forrás: OMSZ [6], Készítette: a szerző*

Az 1960-tól 2009-ig terjedő időszakban az ország területének nagy részén – elsősorban a nyugati országrészekben – a csapadékintenzitás csökkent, a Tiszántúl egyes régióiban pedig enyhe növekedést lehetett kimutatni.

Amennyiben 2010. évre visszamenőleg (2010-2016 között) vizsgáljuk hazánk csapadékintenzitásának trendjeit (6. sz. táblázat), elmondható, hogy a budapesti, debreceni és szegedi csapadékmérő állomásokon mért adatok átlagai szerint az értékek ingadozást mutatnak, releváns növekedés, vagy csökkenés nem mutatható ki.

|      | Január | Február | Március | Április | Május | Június | Július | Aug. | Szept. | Október | Nov. | Dec. |
|------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|------|--------|---------|------|------|
| 2010 | 56     | 64      | 23      | 57      | 170   | 104    | 80     | 57   | 115    | 35      | 68   | 87   |
| 2011 | 17     | 14      | 45      | 8       | 94    | 50     | 111    | 2    | 16     | 27      | 0    | 68   |
| 2012 | 30     | 32      | 2       | 37      | 59    | 58     | 54     | 5    | 32     | 59      | 34   | 57   |
| 2013 | 52     | 71      | 138     | 37      | 108   | 46     | 12     | 47   | 44     | 30      | 51   | 2    |
| 2014 | 37     | 37      | 29      | 40      | 143   | 42     | 166    | 81   | 99     | 73      | 21   | 54   |
| 2015 | 61     | 24      | 38      | 14      | 64    | 24     | 44     | 124  | 57     | 90      | 35   | 6    |
| 2016 | 63     | 99      | 35      | 56      | 182   | 119    | 130    | 63   | 49     | 70      | 45   | 3    |

6. sz. táblázat: A budapesti, debreceni és szegedi csapadékmérő állomásokon mért csapadékmennyiségek átlaga 2010 és 2016 között mm-ben

*Forrás: Metnet [51], Készítette: a szerző*

Az 1971 és 2000 között mért országos évi csapadékmennyiség átlagának (568 mm) [51] viszonyításában a budapesti, debreceni és szegedi mérőállomásokon mért adatok a változékonysággal jellemezhető csapadékösszegek mellett is csökkenő tendenciát mutatnak.

Tekintve, hogy a folyóinkon jelentkező árhullámok vízhozama nagyrészt a határon kívüli részvízgyűjtő területekről érkezik, a levonuló árvizek és a lehulló csapadékmennyiségek összefüggéseinek vizsgálatára ezeknek a területeknek a csapadék adatait szükséges elemezni. Mindez alapján, a Duna és Tisza országhatáron kívül eső részvízgyűjtő területein a domborzat figyelembevételével kiválasztottam csapadékmérő állomásokat. A 2010 és 2014 közötti adatok alapján végzett havi bontású összesítést és az azok alapján készített diagramokat az 1. sz. melléklet tartalmazza. A megadott diagramokon szereplő kimutatások Németország, Ausztria, Szlovákia, Románia és Ukrajna területére eső részvízgyűjtő területeken, vagy azok környezetében elhelyezett csapadékmérő állomásokon mért eredményeket átlagolt értékeit reprezentálják az árvizek kialakulása szempontjából releváns időszakra vonatkozóan. Az elkészített kimutatások alapján megállapítható, hogy a mért csapadékmennyiségek a vizsgált országok tekintetében is jelentős ingadozásokat mutatnak. Magyarországhoz hasonlóan a kontinentális éghajlat sajátosságai fellelhetőek az adatsorokban, a kora nyári jelentősebb csapadékmennyiségekkel együtt. Mindemellett, az OMSZ által végzett csapadéksor elemzések ismeretében is elmondható, hogy a lehulló csapadékmennyiségek trendjeinek vonatkozásában nehéz 40-50 év távlatából következtetéseket levonni, ezért az árvízi jelenségek tendenciáinak megállapításához fontos megvizsgálni a csapadéksorokat a térségi és globális éghajlati trendek, valamint az érintett vízfolyásokon regisztrált vízállások függvényében is.

### **1.8.1.3. Az éves középhőmérséklet alakulása hazánkban**

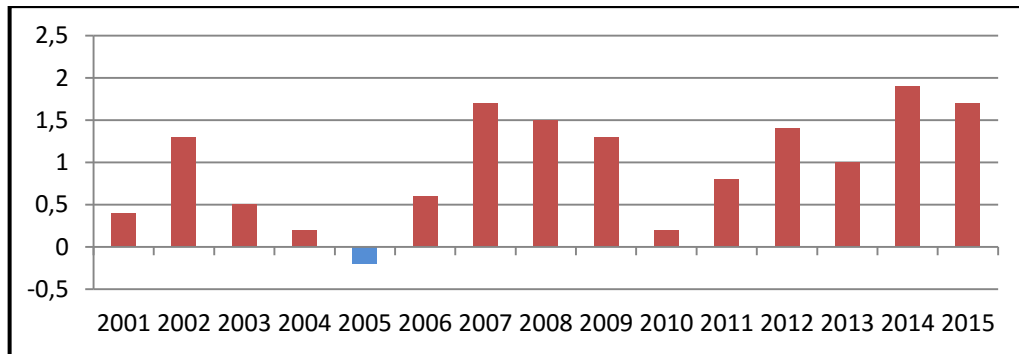
A hőmérsékletre vonatkozó adatsorokat vizsgálva kijelenthető, hogy a csapadékmennyiségek változásával szemben hazánk éves középhőmérsékletének alakulásában a hosszútávú tendenciák jobban kimutathatóak. Az OMSZ 1901-2009 évekre vonatkozó elemzése megállapította, hogy Magyarországon az éves és évszakos középhőmérsékletek a globális klímátendenciáknak megfelelően alakulnak. A vizsgált idősorok szerint az 1980-as évek elejétől hazánkban intenzív felmelegedés tapasztalható oly mértékben, hogy 30 év leforgása alatt 2009-re mintegy 2°C-kal megemelkedett a nyári középhőmérséklet. Az alábbi táblázatos kimutatás (7. sz. táblázat) jól demonstrálja, hogy a nyári hónapok mellett az átlagos középhőmérséklet megemelkedése a többi hónapban is tapasztalható volt. Sőt, a folyamat láthatóan az 1980-as éveket követően felgyorsult. Mindezt tovább erősíti, hogy az OMSZ vizsgálata szerint az éves hőmérsékleti átlagok növekedése mellett a hőmérsékleti anomáliák és regisztrált szélsőértékek is a felmelegedési trendet igazolják. [6]

|              | <b>1901-2009</b> | <b>1980-2009</b> |
|--------------|------------------|------------------|
| <b>Tavas</b> | +1,08%           | +1,75%           |
| <b>Nyár</b>  | +1,17%           | +1,93%           |
| <b>Ősz</b>   | +0,68%           | +0,89%           |
| <b>Tél</b>   | +0,65%           | +0,90%           |
| <b>Év</b>    | +0,99%           | +0,51%           |

7. sz. táblázat: Az országos éves átlaghőmérséklet változása 1901-2009 és 1980-2009 között évszakonként.

*Forrás: OMSZ [6], Készítette: a szerző*

A globális klímátrendekkel összefüggésben történő hőmérsékletváltozást elemeztem a Magyarországon működő mérőállomások adataival való összehasonlításban is. A 2001 és 2015 évek közötti idősorok is megerősítik azon megállapítást, miszerint az utóbbi évek viszonylatában az éves hőmérsékleti átlagok tovább növekednek. [53] Az adatsorok alapján egyben az is kimutatható, hogy az 1985 és 1994 között eltelt 10 év átlagos középhőmérsékletéhez viszonyítva az 2001. és 2015. év között eltelt 15 éves időszak (2. sz. melléklet) átlagának anomáliái terén erőteljesen pozitív mértékű eltérések mutatkoztak meg (8. sz. ábra). Ezen időszakban egyedül 2005-ben lehetett a korábbi átlagokhoz képest alacsonyabb éves középhőmérsékleti értéket kimutatni. Mindemellett, az OMSZ 2015. évre vonatkozó éghajlati értékelése [54], valamint a 2016-ban mért minimum hőmérsékleti és melegrekordok is a felmelegedési folyamat erősödését igazolják Magyarországon is.



8. sz. ábra: Az országos éves középhőmérsékletek anomáliái 2001 és 2015 között az 1985-1994. évek átlagának viszonylatában

*Forrás: KSH [53], Készítette: a szerző*

Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (a továbbiakban: IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) által a világ vezető klímaszakértői és tudósai több évtizedes kutatásai alapján kidolgozott 2014. évi jelentése szerint a globális szinten mérhető felmelegedés, illetve klímaváltozás hatásaként az árvizek és áradások jelentős növekedése vetíthető elő a jövőben. Mindezzel összefüggésben, a klímamodellzés alapján megállapított prognózisok szerint elsősorban Dél-Ázsiában és Kelet-Afrikában kell az árvízi kockázat szintjének jelentős emelkedésére számítani. Az IPCC jelentés szerint az éghajlatváltozással összefüggő árvízi kockázat számottevő növekedését Európában a későbbi évtizedekre vetíti előre. [55; 21-22. o.] Magyarország, illetve a Kárpát-medence vonatkozásában a recens éghajlati trendeknek elsősorban a vízfolyások vízgyűjtő területein zajló hóolvadások mértékének és ütemének szempontjából van jelentősége, mivel a hóban tárolt vízkészlet mennyisége és az olvadás folyamatának üteme jelentősen determinálják az árhullámok nagyságát.

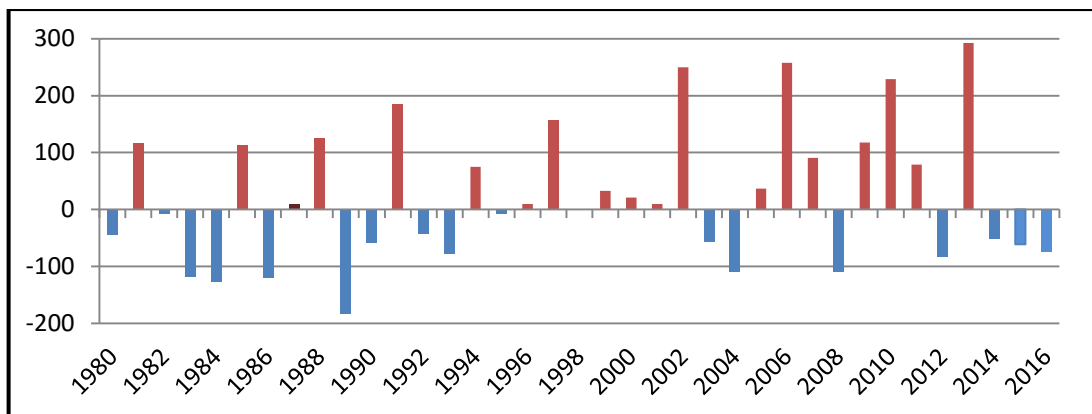
#### ***1.8.1.4. A folyóinkon mérhető vízszintek alakulása***

Az Országos Vízeljáró Szolgálat archív nyilvántartása alapján a Duna budapesti Vigadó térnél elhelyezett vízmércéjén 1960 és 1979 között mért éves maximális vízszintek átlaga 598,3 cm volt. Fontos adat továbbá, hogy '60-as és '70-es években a Duna vízszintje mindössze egyszer lépte át a 800 cm-es határt (az 1965-ben számító 845 cm-es rekord vízállást mértek), de 700 cm-nél magasabb értéket is csak kétszer lehetett regisztrálni a Vigadó téri vízmércén. Ezzel szemben, az 1980. és 2016. év közötti időszak adatsorait elemezve (3. sz. melléklet) megállapítható, hogy ***a fővárosban mérhető legmagasabb vízállások átlaga 621,7 cm, ami 23,4 cm-el meghaladta az 1960-tól számolt értéket.*** A maximális vízszintek folyamatos növekedése megfigyelhető az elmúlt



évek folyamán is, mivel 2000-től 2016. év végéig a Budapesten mérhető legmagasabb éves vízállás átlaga 647,4 cm, ami +49,1 cm-t jelent az 1960-as és 1970-es években mért átlagolt adatokhoz képest. A tendenciát erősíti, hogy az ezredfordulót követően az adott évben mérhető maximális vízállás négyszer is meghaladta Budapesten a 800 cm-t, ami több esetben is rekordnak számított. [7]

A Duna éves mért legnagyobb (jégmentes) vízállásának (a továbbiakban: LNV-nek) *egyértelmű és számottevő* növekedése a korábbi maximális vízállások átlagának viszonyításában az 1990-es évek közepétől figyelhető meg (15. sz. ábra).

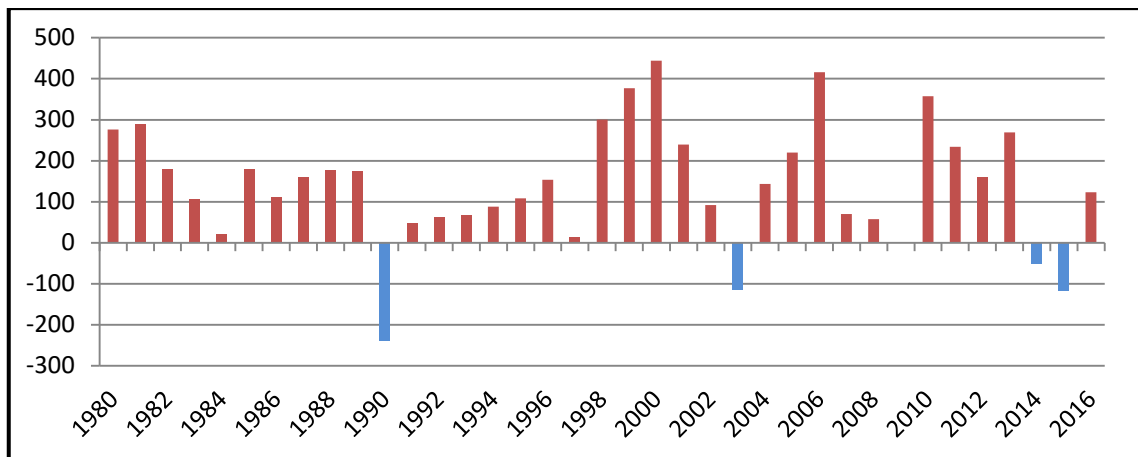


15. sz. ábra: A Duna Budapesten mért évenkénti legmagasabb vízállásának eltérései az 1960 és 1979 között mért évenkénti maximális vízállás átlagának viszonylatában

*Forrás: OVF Hydroinfo [7]<sup>5</sup>, Készítette: a szerző*

Az elmúlt években az éves LNV-k emelkedése még erőteljesebben megfigyelhető a Tiszán. A Duna vonatkozásában elvégzett éves adatsorok elemzéséhez hasonlóan (3. sz. melléklet) megállapítható, hogy a Tisza Szolnokon, 1980. és 2016. év között mért évenkénti *legmagasabb vízállásának átlaga (728,46 cm) 131,76 cm-el meghaladja az 1960-1979 közötti átlagot (596,7 cm-t)*. A Tiszára elmondható továbbá, hogy az éves LNV-k szignifikáns megnövekedése már az 1980-as évek elején is tapasztalható volt, különösen jelentős mértéket öltött az ezredforduló környékén (16. sz. ábra).

<sup>5</sup>2006-2013: Éves vízállástáblázatok a reggeli mérések alapján; 2014: Jelenlegi éves vízállástáblázatok



16. sz. ábra: A Tisza Szolnokon mért évenkénti legmagasabb vízállásának eltérései az 1960 és 1979 között mért évenkénti maximális vízállás átlagának viszonylatában  
*Forrás: OVF Hydroinfo [7], Készítette: a szerző*

Az árvízi káresemények számának emelkedése a folyóinkon levonuló árhullámok esetén mért vízállások mértékének folyamatos növekedésével összhangban alakul. Az 1990-es évek végét megelőzően jelentős árvízzel kb. 10 évente lehetett számolni, azonban az ezredforduló környékén öt, hatalmas károkat okozó árhullám vonult le hazánk folyóin és az azóta eltelt időszakban is több rekord méretű vízállás okozott problémát több településen, illetve igényelt országos szintű, civilek és hivatásos szervek összefogásán alapuló hatalmas erőfeszítéseket a megelőzés és elhárítás érdekében. Az árvizeket számszerűsítve az ezredfordulót követően a Dunán öt (2002-ben kétszer, 2006, 2010 és 2013), a Tiszán pedig hat (2000, 2001, 2005, 2006, 2010 és 2013) súlyos károkat okozó árhullám vonult le, melyek hazánk fokozódó árvízi veszélyeztetettségéről tesznek tanúbizonyságot. [1] [48] Mindemellett, a Dunán és Tiszán rekord méretű vízállások is az elmúlt évek során jelentkező árhullámok levonulása alatt voltak regisztrálhatóak.

#### ***1.8.1.5. Az elmúlt évek tapasztalatai, jövőkép***

A Dunán, Tiszán és mellékfolyóikon mért éves vízállások változásainak tendenciájából megállapítható, hogy egyre nagyobb árhullámok levonulása, és mindezzel az árvízi veszélyeztetettség növekedése várható Magyarországon. Az elmúlt néhány év ugyan jelentősebb árvizektől mentes volt, azonban a meteorológiai tendenciák és hidrológiai adatok alapján, ***további rekord méretű árvízszintekre lehet számítani*** az elkövetkezendő években, ami egyben az integrált vízgazdálkodás részeként, a katasztrófa-elhárítási stratégiák és preventív intézkedések továbbfejlesztését teszik szükségessé.

A folyóinkon mért rendkívüli vízállásokat és kiöntéseket okozó vízhozamok összefüggése a meteorológiai anomáliákkal bizonyított, amit a Duna és Tisza vonatkozásában 2010. és 2013. év tavaszán mért LNV értékek és alátámasztanak, mivel a részvízgyűjtő területeken mért csapadékmennyiségek ezen időszakokban jelentős mértékben meghaladták az átlagos mértékeket.

A Kárpát-medencében, illetve jelentős folyóink vízgyűjtő területein az elmúlt évtizedek vonatkozásában vizsgált átlagos csapadékmennyiségek csökkenése ugyanakkor kérdéseket fogalmaz meg a Magyarországon tapasztalt növekvő vízállások kialakulását előidéző okok terén. A folyóink hullámterét érintő geomorfológiai kutatások (Fekete Zs. 1911 [56; 149-151. o.], Gábris Gy., Telbisz T., Nagy B., Belardinelli E. 2002 [57; 305. o.], Schweitzer F., Nagy I., Alföldi L. 2002 [19; 262-264. o.] rámutattak a Tisza és a Duna hullámterének folyamatosan szűkülésére. Emellett, Dr. Szigyártó Zoltán és Dr. Rátkay István hívta fel a figyelmet a Tisza hullámterének leromlott vízszállító képességére, és a helyreállítás helyes alapelveire, illetve módszertanára. Megfogalmazásuk szerint a hullámtér vízszállító-képességének javítására irányuló beavatkozások nélkül egyéb árvízmentesítési erőfeszítések csak „tüneti kezelésnek” minősíthetőek. [58; 29. o.] A hordalék és iszaplerakódás mértéke, az övzátonyok képződése, illetve a meder-keresztmetszetek lecsökkenése az évek során a középvízi meder vízlevezető képességének folyamatos romlását idézi elő, amely mértéke napjainkra elérte azt a szintet, ami már jelentős mértékű beavatkozást igényel. A megváltozott keresztmetszeteknek az egységnyi vízhozamra és a vízállásokra gyakorolt hatásait tovább befolyásolták a folyókon végzett mesterséges beavatkozások (folyószabályozások, alacsonyárterek beépítése stb.), de megemlíthetőek a 2016-os évet követően a Tisza-völgyben kezdődő töltésfejlesztések, valamint a hullámterületet közvetlenül érintő, összefüggő fás és bokros növényzet hatása is. [58; 30. o.] Ezzel összefüggésben a 2013-as dunai árvíz tapasztalatain is alapulva Dr. Szlávik Lajos az árvízszint-emelkedés intenzitás növekedésnek egyik fő okaként említi a vízgyűjtő területeken végzett emberi tevékenységek és beavatkozások hatásait, ami a síkvidéki folyószakaszokon az érdeesség növekedésében és a tározódási jelenség fokozódásában mutatkozik meg. [59; 278. o.] A nagyvízi medrekre vonatkozó kezelési tervek elkészítéséről szóló 83/2014. (III.14.) Korm. rendeletben foglaltak végrehajtása a vízminőség javulása mellett, egyértelműen kedvező hatással fog bírni a jövőbeni árvízszintek csökkentésére is.

A fentiekre való tekintettel amellett, hogy a fokozódó árvízi kockázat a szerkezeti árvízvédelem terén is új megoldásokat és intézkedéseket kíván, valamint további

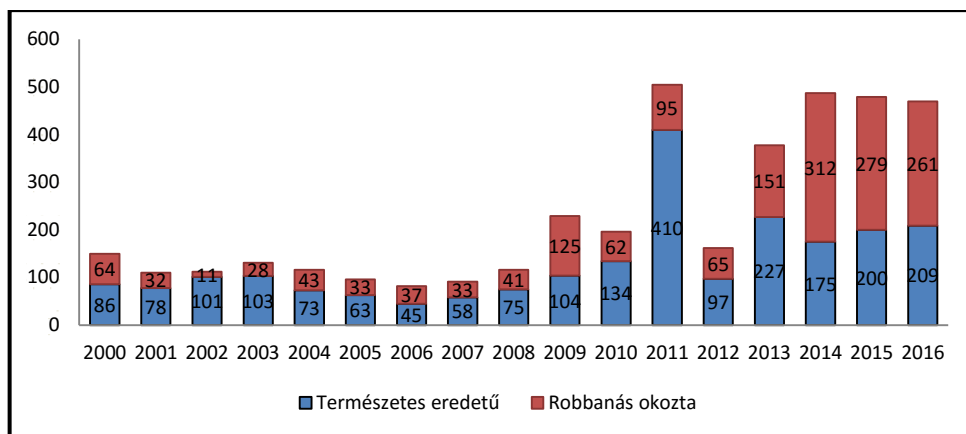
fejlesztéseket indokol, a klímaváltozás hatásainak hosszú távú következményeire való felkészülés jegyében prioritást kell kapnia a mederkezelésekkel és hullámtér-rendezéssel összefüggő feladatoknak is, illetve a 83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet alapján készült nagyvízi mederkezelési tervekben megfogalmazott intézkedések mielőbbi végrehajtásának.

### ***1.8.2. A földrengések előfordulása Magyarországon***

A Magyarország területén érezhető földrengések kialakulásának, előfordulási tendenciáinak és intenzitásának vizsgálatához a Magyarországi Földrengési Információs Rendszer (a továbbiakban: MFIR) Magyarországi Földrengések Évkönyveit (2000-2016-ig) [9] használtam fel. Az információk szűrésével összegyűjtött adatokat táblázatban (4. sz. melléklet) rendszereztem, ami alapján diagramos kimutatásokat készítettem a szám adatok korrelációjából, jelentős eltéréséből, vagy kiugróan magas értékeiből való összefüggések bemutatására. Mindezeket alapulva a következőket állapítottam meg:

#### ***A) A szeizmikus események számának növekedése***

A következő diagram (17. sz. ábra) jól demonstrálja, hogy az elmúlt években – különös tekintettel 2011-re, 2013-ra, 2014-re, 2015-re és 2016-ra – a szeizmikus aktivitás tekintetében növekedés mutatható, mindez ugyanakkor nem indokolja „vészharangok kongatását”, mivel az észlelt események magas számához hozzájárult a mérőállomások (2010-hez képest további 16 mérőállomás állt üzembe 2016-ra) és az ipari, illetve bányászati robbantások számának jelentős növekedése is. Itt fontos megjegyezni, hogy elsősorban a Dunántúli-középhegység és Villányi-hegység területén végrehajtott robbantások által kiváltott szeizmikus aktivitás erőssége ritkán haladta meg a Richterskála szerinti 1,5-ös erősséget, az esetek többségében 1 M alattiak [9]. A szakszerűen végrehajtott robbantások okozta földrengések nem okoztak sem személyi sérülést, sem pedig anyagi kárt.

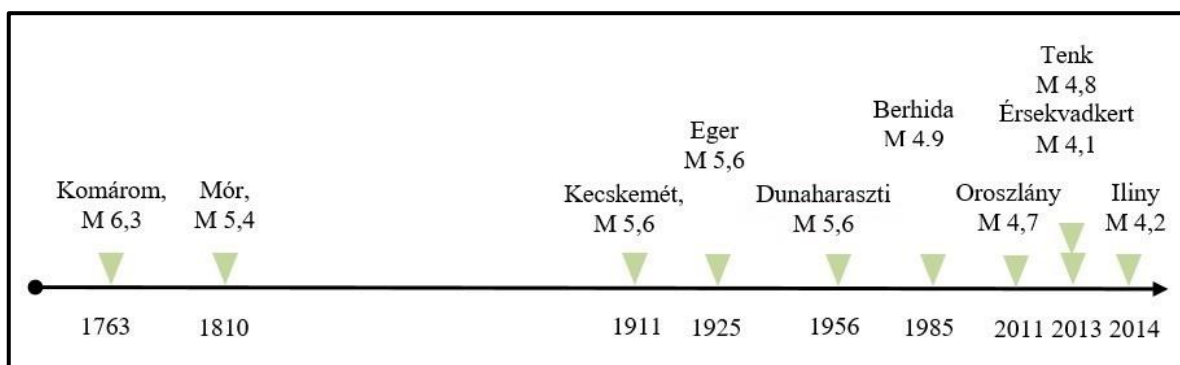


17. sz. ábra: A hazánk területén észlelt szeizmikus események száma 2000 és 2016 között

*Forrás: MFIR [9], Készítette: a szerző*

***B) Hazánk területén kialakuló, jelentős földrengések gyakorisága az elmúlt évszázadok regisztrált földrengéseire képest növekedést mutat***

Amennyiben hazánk aktuális földrengés-veszélyeztettségét az elmúlt évszázadok jelentős földrengéseink tükrében vizsgáljuk (18. sz. ábra), megállapítható, hogy napjainkban a lakosság által érezhető, anyagi károk előidézésére alkalmas rengések gyakorisága növekvő tendenciát mutat. Ez esetben is fontos azonban figyelembe venni, hogy, Magyarországon az első telepített szeizmográfok 1906-tól üzemelnek, így ezen időszakot megelőzően a szeizmikus jelenségek megbízható előrejelzésére nem volt állandósult megoldás. [4] Minderre tekintettel, a történelmi földrengések alapján történő következtetés nem tekinthető reprezentatívnak. Földrengés okozta haláleset hazánkban utoljára az 1956-os Dunaharaszti földrengés során következett be, Taksonyban 2 fő veszítette életét. Ezen esetet megelőzően az 1763-ban, Komáromban pusztító földrengés-csapás követelt 63 emberi életet.

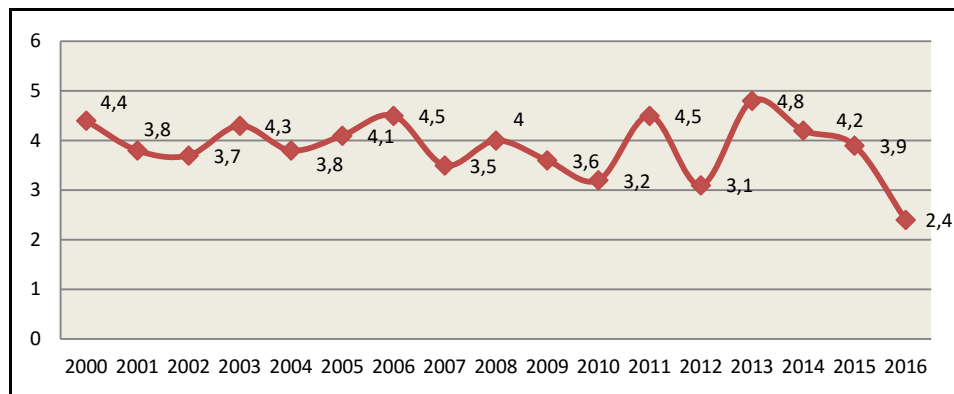


18. sz. ábra: Hazánk jelentős, regisztrált földrengései az 1700-as évektől napjainkig

*Forrás: MFIR [9], Készítette: a szerző*

**C) A földrengések erősségében és intenzitásában nem mérhető számottevő növekedés**

Magyarország területén kipattanó, 4 M, vagy annál erősebb földrengés az elmúlt 15 év tapasztalata alapján kb. 2 évente fordul elő (19. sz. ábra), ugyanakkor a szám adatok szintén rámutattak arra, hogy 2010-et követően a lakosság részéről is érzékelhető szeizmikus események száma megnövekedett.



19. sz. ábra: Hazánk területén évenként észlelt legnagyobb erősségű földrengések magnitúdója 2000 és 2016 között  
*Forrás: MFIR [9], Készítette: a szerző*

A szám adatok nem utalnak ugyanakkor arra, hogy a földrengések intenzitása Magyarországon egyértelmű növekvő tendenciát mutatna.<sup>6</sup> A rengések egy-két esetben idéztek elő jelentősebb anyagi károkat (elsősorban épületkárokat), de ezen események intenzitása sem haladta meg az EMS skálán mért VII. fokozatot.

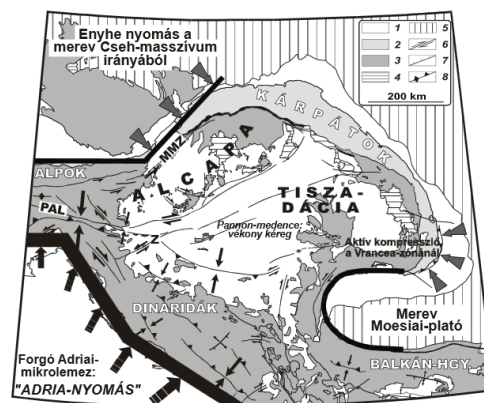
A Magyarország területén kipattanó földrengések kialakulásának okai, illetve tendenciái szoros összefüggésben vannak a Kárpát-medencére jellemző geodinamikai folyamatokkal. Mindezek megértéséhez a következőkben a folyamatok rövid elemzésére kerül sor, mivel az okok és a kialakulási tendenciák hatásai közvetlenül befolyásolják a következményeket és a szükséges megelőző, illetve felkészülési intézkedéseket.

**1.8.2.1. A Kárpát-medence tektonikája**

A Kárpát-medence területére is elmondható, hogy a recens tektonikai folyamatok kéregmozgásokban és vetőzónák menti elmozdulásokban nyilvánulnak meg. A Kárpát-

<sup>6</sup>A földrengés épített környezetben okozott romboló hatását kifejező, 1-12 fokozatú Európai Makroszeizmikus Skálán [EMS] megadott értékben.

medence geodinamikai rendszerére három irányból is nyomófeszültség (kompresszió) hat (20. sz. ábra), melyek közül a legjelentősebb az Adriai mikrolemez, vagy másnéven „Adriai-tüske” óramutató járásával ellentétes forgó mozgásából eredő hatás. Az Adriai-tüske az afrikai és eurázsiai lemezek folyamatos közeledése miatt, egyrészt kompressziót fejt ki a Kárpát-medencére, másrészt északi irányba történő feltüremkedésével jelentős hatással van az Alpokra is, amely irányból kéregegységek préselődnek a Kárpát-medence felé. Mindemellett, északnyugati és délkeleti irányból is enyhe kompresszió jelentkezik, tekintve, hogy a Nyugati és Keleti-Kárpátok napjainkban is formálódnak. [60; 3-4. o.]



20. sz. ábra: A Kárpát-medence tektonikai folyamatait meghatározó lemezmozgások  
 Forrás: [60; 3. o.] Készítette: Horváth Ferenc, Bada Gábor

A geofizikai kutatások rámutattak arra, hogy az évmilliókkal korábbi tektonikai folyamatok extenziós hatást fejtettek ki a Kárpát-medencére, ami miatt a Pannon-síkság területén a földkéreg fokozatosan elvékonyodott. Az évezredek során a tektonikai folyamatok változásai az extenziós hatás helyett, több irányból ható kompressziós erőt idéztek elő, ami napjainkra a vertikális kéregmozgás és deformáció következtében a mély fekvésű területeket fokozatos süllyedését, a peremi és központi területeknek pedig a kiemelkedését okozzák. Példaként említhető Debrecen és környéke, melynek éves süllyedése kb. 7 mm-re tehető. Mindemellett, az Alpok, Kárpátok és a Pannon-medence után elnevezett Alcapa-főegység<sup>7</sup> az Adriai-tüske nyomására évente pár mm-t északkeleti irányba halad, ami szintén jelentősen befolyásolja hazánk geodinamikai környezetét. [61; 15-16. o.]

<sup>7</sup>Magyarország lemeztectonikai szerkezete három nagyszerkezeti főegységre tagolódik: az Alcapa-főegység, a Közép-magyarországi főegység és a tiszai főegység

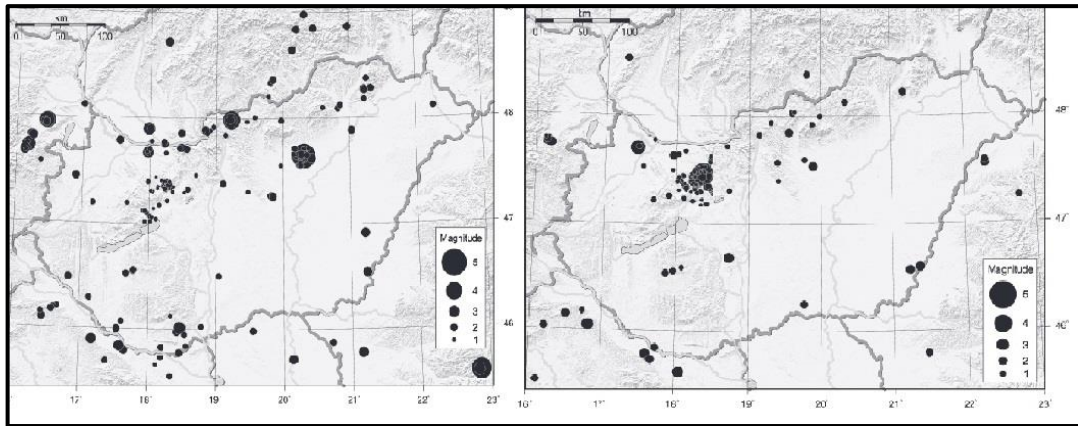
A fentiek ismeretében felmerül a kérdés, hogy mi az oka annak, hogy az aktív tektonikai tevékenységek ellenére jelentős erősségű (6 M-et meghaladó) földrengés Magyarország területén csak nagyon ritkán tapasztalható (utoljára erre példa az 1763-as komáromi földrengés volt). Ennek magyarázata, hogy a kőzetlemezekből felépülő kőzetburok (litoszféra) kőzetmechanikailag alacsony szilárdságú, valamint, hogy olyan mértékben töredezett, ami lehetővé teszi az asztenoszféra felszínén történő, alacsony súrlódással végbemenő mozgásokat. [60; 2-3. o.] Ily módon nem, vagy csak nagyon ritka esetben keletkeznek olyan mértékű feszültségek, amelyek jelentős erősségű földrengés kiváltására alkalmasak. Ebből adódóan a földrengéssel kapcsolatos védelmi, lakosságvédelmi és kárelhárítási ismeretekkel kapcsolatos kutatások ritkábban kerültek a fókuszba, ezért is szükséges vele foglalkozni.

#### ***1.8.2.2. A földrengések területi eloszlása hazánkban***

Az egyes építmények tartószerkezetének földrengésekre való tervezésére vonatkozó Európai Unió egységes irányelv (Eurocode 8) Magyarországon érvényben lévő szabványának (MSZ EN-1998-1) mellékletében szereplő szeizmikus zónatérkép alapján hazánk területének szeizmikus aktivitása inhomogén eloszlású, az alapkőzetten mérhető gyorsulásérték függvényében a szabvány öt kategóriát különböztet meg. A szabvány alapján Magyarország szeizmikusan legaktívabb területei közé sorolható Komárom és környéke, a Móri-árok, Nagykanizsa és Kaposvár térsége, Zala megye északi része, Budapest és a Jászság közti terület, valamint Baranya megye déli csücske. [62; 380-381. o]

Tekintettel arra, hogy az elmúlt néhány évben hazánk területén tapasztalt, jelentősebb földrengések száma megnövekedett, ezen események epicentrumait összehasonlítottam a szabványban a gyorsulási értékek szerint történő területi kategorizálással. A szeizmikusan magas aktivitással jellemezhető 2011-es és 2013-as években kipattant földrengések epicentrumainak területi elhelyezkedése (21. sz. ábra) alapján megállapítható, hogy amíg a Zala megyében előforduló földrengések száma csökken, az Északi-középhegység térségének és déli peremének szeizmikus aktivitása országos szinten megnőtt, amely jelentősebb épületkárok formájában is megmutatkozott.





21. sz. ábra: Magyarország kipattanó természetes eredetű földrengések epicentrumai 2013-ban (balra) és 2011-ben (jobbra)

*Forrás: MFIR [63; 26. o.]; [64; 28. o.]*

### ***1.8.2.3. Az elmúlt évek tapasztalatai, jövőkép***

A Magyarország területén mérhető szeizmikus aktivitás tekintetében a 2011-ben, 2013-ban, 2015-ben és 2016-ban kiugróan magas számú természetes eredetű földrengés következett be, mindez azonban nem vetíti elő az események számának tendenciózus növekedését. Az ország területén az elmúlt években kipattanó jelentős földrengések előfordulását vizsgálva megállapítható, hogy hazánk szeizmikusan legaktívabb területei közé sorolhatóak a Berhida és Komárom vonzáskörzetébe tartozó területek és az Észak-középhegység térsége, ahol az elmúlt évek során a lakosság részéről is érzékelhető szeizmikus események szempontjából növekedés mutatható ki. Ugyan katasztrofális mértékű károkról nem beszélhetünk, de több esetben fordultak elő közepes mértékű épületkárok.

Az Északi-középhegység szeizmikus aktivitásának megemelkedése alapvetően a Pannon medencében napjainkban zajló geodinamikai folyamatokra vezethető vissza. A középhegység a függőleges irányú kéregmozgások hatására lépcsőzetesen kiemelkedik, ami az alföldi medencével határolt, üledékkel telt déli perem területen töréseket idéz elő. Az Északi-középhegységben és közvetlen környezetében kipattant, 3 M erősséget meghaladó földrengések előfordulását 2010. évig visszamenőleg az alábbi táblázat (9. sz. táblázat) foglalja össze: [9]

| Év   | Epicentrum    | Erősség [M] |
|------|---------------|-------------|
| 2010 | Miskolc       | 3           |
| 2011 | -             | -           |
| 2012 | -             | -           |
| 2013 | Heves         | 3,6         |
|      | Tenk          | 4,8         |
|      | Érsekvadkert  | 4,1         |
|      | Érsekvadkert  | 3,4         |
| 2014 | Cserhátsurány | 4,2         |
|      | Bükk-hegység  | 3,5         |
|      | Cserhátsurány | 3,1         |
| 2015 | Alsószolca    | 3,1         |
|      | Iliny         | 3,9         |
|      | Nógrádmarcfal | 3,7         |
| 2016 | -             | -           |

9. sz. táblázat: 2010 és 2016 között Magyarország területén észlelt min. 3 M erősségű földrengések *Forrás: MFIR [9], Készítette: a szerző*

A 2014 és 2015-ben vizsgált adatok szerint is, az Északi-középhegységben továbbra is prognosztizálhatóak erőteljesebb, 4 M erősség körüli rengések, amelyek a földkéregben bekövetkező nagyobb törés esetén nem zárják ki egy nagyobb erősségű és magasabb intenzitású földrengés lehetőségét sem.

### 1.9. Részkövetkeztetések

- 1.) A megelőzés fogalmának és katasztrófavédelmi rendszerben történő elhelyezkedésének, illetve szerepének vizsgálata során **megállapítottam**, hogy a nemzetközi szakirodalom, illetve szabályozás a hazaival szemben jobban elkülöníti a megelőzés és felkészülés keretében végzett feladatokat. A természeti katasztrófák eredményes megelőzése érdekében a megelőző intézkedéseket komplex értelmezésben kell vizsgálni, amely során **megállapítottam**, hogy a károk kialakulásának enyhítése és megelőzése érdekében a prevenciós intézkedések és a hatékony védekezés feltételeinek megteremtését célzó felkészülési lépések egyaránt szükségesek.
- 2.) A katasztrófavédelem rendszerének keretein belül a megelőzés és védekezés időszakainak jellemzőit elméleti alapon összehasonlítva **megállapítottam**, hogy a megelőzés egy nyitottabb, illetve függetlenebb rendszert alkot, ami jobban teret ad az értekezés alapját is szolgáló innovatív eljárások és a komplex célú megoldások alkalmazására és elterjedésére, mint a már kialakult károk kezelésére irányuló védekezés feladatrendszerére.

- 3.) A természeti katasztrófák megelőzésére irányuló stratégiák és gyakorlati feladatok megalapozása szempontjából fontos kérdésnek **ítélem** a természeti jelenségek, illetve a katasztrófa, mint „állapot” szétválasztását, mivel a gyakorlatot ez utóbbira kell építeni. Ennek szellemében, a megelőzés különböző meghatározásait és feladatit vizsgálva, konkrét **javaslatot fogalmaztam meg a megelőzés definiálására.**
- 4.) A fejezetben a globális szinten bekövetkezett természeti katasztrófák száma és hatásai elemzésével **megállapítottam**, hogy az elemi csapások száma tekintetében kb. 10 éves léptékekben számottevő növekvő tendencia mutatható ki. Megállapítottam továbbá, hogy a korszerű megelőző intézkedések elterjedésére, illetve a szabályozási háttér és technológiai fejlődésnek köszönhetően, az emberi áldozatok száma az elmúlt évtizedben csökkent, ugyanakkor az okozott anyagi károk mértéke, illetve az egyes katasztrófák intenzitása terén növekedés mutatható ki a korábbi évtizedekhez képest. Az elmúlt 10 év vonatkozásában az elemi csapások száma nem mutat folyamatos növekedést, viszont a kimagasló mértékű káros, illetve pusztító hatásokkal járó események gyakoriságának megnövekedésével megállapítottam, hogy az elmúlt évtizedben a természeti katasztrófák általi globális veszélyeztetettség megemelkedett és ezen tendencia prognosztizálható a jövőben is.
- 5.) Az egyes természeti katasztrófatípusok elmúlt mintegy 65 évre regisztrált előfordulására és hatásaira vonatkozó statisztikai adatok vizsgálata során **bizonyítottam**, hogy a halálos áldozatok számát, valamint az okozott anyagi kár nagyságát tekintve a szélviharok, illetve trópusi ciklonok mellett, globális szinten **a földrengések és az árvizek sorolhatóak a legpusztítóbb elemi csapások közé.** Adatelemzésekkel **igazoltam**, hogy az előfordulási tendenciák Magyarország vonatkozásában is szignifikáns egyezést mutatnak.
- 6.) Magyarország tektonikai környezetében zajló aktív geodinamikai folyamatok ellenére, hazánk tektonikai szerkezetében csak hosszú (több, mint száz év) visszatérési idővel keletkeznek pusztító erejű talajmozgások kiváltására alkalmas feszültségek. A földrengések előfordulásával foglalkozó, releváns adatbázisok adatainak elemzésével **megállapítottam**, hogy napjainkra a földrengés-katasztrófák száma és intenzitása – más természeti jellegű csapásokhoz hasonlóan – globális szinten megnövekedett, ugyanakkor az elmúlt 10 év tapasztalatai – ezen távlatban nem mutatnak tendenciózus növekedést. Hazánk vonatkozásában a

megelőzés és felkészülés szempontú vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a globális szinthez mérve a földrengés-veszélyeztetettség mértéke alacsony, a szeizmikus aktivitás területi eloszlása változó, azonban az elmúlt három évben az Északi-középhegység térségében volt tapasztalható és várható is a szeizmikus aktivitás növekedése, ami – a terület geodinamikai folyamatait figyelembe véve – **további, épületkárok előidézésére alkalmas földrengések kialakulását vetíti előre.**

- 7.) A hazánk árvízi veszélyeztetettsége szempontjából meghatározó Duna, Tisza és mellékfolyóik mért éves vízállásainak, továbbá a részvízgyűjtő területeken vizsgált éves csapadékmennyiségek adatai, valamint az országos éves középhőmérsékletek mértékének, alakulásának vizsgálata alapján **megállapítottam**, hogy néhány évre elővetítve **több rendkívüli mértékű vízállás, illetve hazánk árvízi veszélyeztetettségnek növekedése prognosztizálható.**

A természeti katasztrófák megelőzésének gyakorlatát megalapozó elméleti tényezők tisztázását követően, a következőkben az árvizek és földrengések, mint jelentős kockázattal bíró természeti jelenségek általi károk megelőzési lehetőségeinek vizsgálatára kerül sor. Ennek során különös elemeztem az újszerű technológiai megoldásokat, illetve azon irányvonalakat, amelyek a fokozódó urbanizációs folyamatokból és a szélsőséges természeti jelenségek előfordulásának növekedéséből eredő veszélyeztetettséggel hosszú távon eredményesen vehetik fel a küzdelmet.

## 2. AZ ÁRVÍZKÁROK MEGELŐZÉSÉNEK GYAKORLATI LEHETŐSÉGEI

Az árvizek a kezdetektől veszélyeztették a folyók mentén letelepült társadalmakat és közösségeket. Ezáltal, az árvizekkel kapcsolatos együttélés és ezzel összefüggésben a kármegelőzés egyes kultúrákban már a kezdeti korszakokban is számos jó példával szolgált az utókornak.

### 2.1. Az árvízkarok megelőzésének gyakorlata a múltban

Az emberiség történelmében a mai napig meghatározó a víz és annak jelenléte, illetve felhasználása. Ezzel párhuzamosan azonban elődeinknek már több ezer évre visszamenőleg meg kellett küzdeniük a folyók áradásaiból eredő veszélyeztetettséggel. Az első árvízvédelmi töltések építése az **Indus-völgyi civilizációhoz** (mai Pakisztán és Észak-India területe) köthetőek kb. Kr.e. 2600-ból. A területen letelepedett harappaiak a korai korszak ellenére városaikban már fejlett vízvezető hálózattal rendelkeztek. Mindemellett, a városok köré épített falak a fegyveres támadások elleni fizikai védelem mellett egyaránt árvízmentesítési funkciókat is elláttak, főként ezek védték alakosságot az árvizek ellen. [65]

Az **ókori Egyiptom** életének és történelmének egyik legmeghatározóbb része volt a Nílus folyó, amelytől közvetlenül függött az egyiptomiak megélhetése. A sivatagos környezet miatt a Nílus áradásai által lerakódott iszappal táplált területek jelentették az egyetlen esélyt az élelemtermelésre, illetve földművelésre, amellet, hogy kiváló közlekedési útvonalként is szolgált a folyó a helyiek számára. Mindezek célzott kihasználásán alapult, hogy Egyiptomban már több, mint 5000 éve folyik tudatos vízgazdálkodás, ami egyben biztosította is több ezer éven át a megélhetésüket és fennmaradásukat. Az egyiptomiak földből épített töltések hálózatával a terméketlen földeket különböző méretű területekre osztották fel, amelyekbe szabályozott körülmények között tudták beengedni az időszakosan megáradó folyó vízhozamából azt a vízmennyiséget, amelynek lerakódott hordaléka kiváló termőréteget hagyott maga után. A feleslegessé vált vizet pedig fejlett csatornahálózatokon keresztül tudták a „megtermékenyített” földekről gravitációs úton elvezetni.

Az ókori egyiptomiak a Nílus áradásának jelentőségére való tekintettel kifejlesztették az első vízszintmérő monitoring hálózatot, amellyel folyamatosan meg tudták figyelni a vízállásokat a folyó több szakaszán. [66; 1. o.]

Az áradások, illetve árvizek szabályozására és kihasználására épülő ősi mezopotámiai és egyiptomi vízgazdálkodási stratégiával szemben az **ókori görög** városállamokban a kezdetekben sokkal inkább a vízhiány, illetve a nem megfelelő vízpótlás okozta a problémákat. Ennek oka, hogy a sivatagos és félsivatagos területeken a Tigris és Eufrátesz, valamint a Nílus közvetlen közelében kiépülő Mezopotámiával és Egyiptommal ellentétben az ókori görög városállamok a folyóktól távolabb eső területeken épültek ki. A kutatók minderre főként az árvizek és a víz közelségéből adódó betegségek és járványok (pl. malária) elkerülését említik lehetséges okként. A vízutánpótlás szükséglete a görög városállamokban fejlett vízvezeték-hálózatok kiépítéséhez, és a vízgazdálkodási szemlélet kialakulásához vezetett. A városiasodás tendenciájával, valamint a települések számának ugrásszerű megnövekedésével azonban előtérbe kerültek a folyók által előidézett veszélyforrások és kedvezőtlen hatások is, mint az **árvizek**, az **erózió**, vagy az **üledék lerakódása**. Ennek jeles példája volt az egyik legősibb védett terület, Olympia, ahova az első olimpiai játékok is köthetőek. A Kladeos folyó lefolyásának szabályozása, valamint az áradások okozta károk illetve az olimpiai játékoknak helyszínt adó területet pusztító erózió megelőzése érdekében 2,7 méter magas, 800 méter hosszúságú tömör kőfalat építettek a folyómederrel párhuzamosan. A Görög Birodalom nyugati részén épült ősi Alyzia város védelmére pedig túlfolyóval ellátott kőgátat létesítettek, amelynek építési ideje kb. Kr. e. 5000-re tehető. Az építmény két részből állt össze; az alapja téglatest alakú nagyobb darab kövekből állt, a réseket kisebb kődarabokkal kitöltve, a felső részben pedig egyedileg formált, kisebb kődarabok illeszkedése biztosította a megfelelő vízzárást. A több mint 2500 éven keresztül működő gátat az egyik technológiailag legfejlettebb ősi görög építményként emlegetik. Az építmény a mai napig fennmaradt, Alyzia egyik főbb látványosságának számít. [67; 52-53. o.]

Az árvízi kártételek tudatos megelőzése elsőként az **ősi kínai civilizációhoz** köthető. A feljegyzések szerint a Kína területét sújtó, regisztrált árvízi katasztrófák egészen a Kr.e. 600-as évekig vezethetőek vissza. A jegyzetek alapján csak a Sárga-folyó mintegy 1 600 alkalommal öntött ki, jelentős károkat okozva ezzel. Kínában a folyamatos fenyegetettség már az időszámításunk előtti évszázadokban jelentős eredményeket generált az árvízkárok megelőzése, illetve a vízgazdálkodás terén. A leghíresebb

példaként minderre a Kr. e. 256-ban megépült **Dujiangyan vízgazdálkodási rendszer** említhető, amely közvetlenül hozzájárult a Minjang folyón jelentkező árvizek megelőzéséhez, és a környező területek történő termékeny földművelés elősegítéséhez. A rendszer három főbb elemből épült fel: egy vízosztó gátból, az árvízi elvezetést szolgáló mederútból, és egy nyílásból, amin keresztül a Minjang folyó vize beáramlik a folyóágba. A rendszer komplexitása egyaránt megmutatkozik a helyi települések ivóvízellátásának biztosításában, az árvízvédelmi funkcióban, az öntözésben és a hajó közlekedés elősegítésében. A mai napig működő vízgazdálkodási mű egyben az UNESCO Világörökség részét is képezi.

A Kínában kialakult vízgazdálkodási koncepció a Han uralkodó dinasztiához köthető, akik a Sárga-folyó folyamatos áradása miatt tanácsot kértek alattvalóiktól. A javaslatok alapján három stratégiai megközelítés született meg:

1. Legjobb intézkedés: a folyó meder elvezetése a kevésbé sűrűn lakott területek irányába, ezzel csökkentve az elöntésekből eredő kockázatot;
2. Második legjobb intézkedés: elvezető csatornák kialakításával az árvizek szabályozott elvezetése és a termőföldek öntözéséhez szükséges víz biztosítása;
3. Legkevésbé jó megoldás: gátak és töltések építése.

A harmadik alternatíva – mint a XX. század árvízmentesítését megalapozó stratégia – legnagyobb hátrányaként az mutatkozott meg, hogy folyamatos fenntartást és állagmegóvási beavatkozást igényelt, ami rendkívül költséges, amellet, hogy az esetleges gátszakadás komoly kockázati tényezőként jelent meg. Mindennek ellenére a Sárga-folyó árvízmentesítésére a harmadik, legkevésbé javasolt megoldás mellett született döntés. A folyó mentén dupla védőgátvonalat létesítettek (elsődleges és másodlagos), merőleges elválasztó töltésekkel, amelyek – az egyiptomi módszerhez hasonlóan – az esetlegesen kiömlő vizek visszatartását célozták.

A kínai minta alapján történt a mai **Japán** területén is a mezőgazdasági módszerek, valamint a települések kialakulása is, amelyek rendszerint a vízfolyások közelében helyezték el több generáción keresztül, szembenézve így az árvízi veszélyeztetettséggel. Az első regisztrált árvízi katasztrófák Japánban a VI. századhoz köthetőek, a tudatos árvízmentesítés műszaki megoldásai pedig a VIII. században jelentek meg először. A japán árvízvédelmi koncepció alapvetően a töltésekkel és gátakkal történő nyomvonalas védekezésem alapult. Utasításba volt adva, hogy az egyes tartományi

vezetőknek folyamatosan gondoskodni kellett a védművek fenntartásáról, az esetleges gátszakadások megelőzése érdekében. A rendelkezésre álló terület korlátozott mérete miatt a későbbi évszázadokban komoly folyószabályozásokkal irányították el a folyókat a művelhető területkapacitás növelése érdekében. A Sárga-folyó mentén bevált, kínai árvízmentesítési rendszerhez hasonlóan, az árvízszintek csökkentésére Japánban is a folyásirányra merőlegesen építettek töltéseket. A japán árvízvédelmi megoldásokra jellemzően mindig különös figyelmet fordítottak a védművek fenntartására és biztonságos üzemelésére. A XX. század második felére a nyugaton alkalmazott technológiák hatására, valamint a területi korlátozottság miatt, az árvíz-visszatartó medencék és tározók alkalmazása háttérbe szorult. Fontos megemlíteni, hogy míg Kínában ezen tározó létesítmények komplex rendeltetésűek voltak, addig Japánban az árvízmentes időszakban csak parkként üzemelhettek, azonban mezőgazdasági, vagy más gazdálkodási tevékenység az érintett területeken nem volt engedélyezett. [68; 2822. o.]

A *Kárpát-medencében* a római hódítással már a III-IV. században folytattak lecsapolásokat a folyókon, illetve állóvizeken a vízszintek szabályozása céljából. A rómaiak által épített szerkezetek, illetve rendszerek a karbantartás hiányában a későbbiekben amortizálódtak és megsemmisültek. A kisebb, koncentráltabb lakott területek árvizektől való mentesítésére a feljegyzések szerint már Géza fejedelem idején is épültek gátak. Az Árpád korban 30 éveként fordult elő olyan jelentősebb árvíz a Duna mentén, amelyről a korabeli feljegyzések említést tesznek. Ez az időtartam a XVIII. század regisztrált, jelentős árvizei alapján átlagosan 4 évre csökkent. [20; 135.o.] Véltetően ezzel szoros összefüggésben, a vízgazdálkodási intézkedések területén első komoly mérőföldkőnek II. Mátyás XVI. században hozott törvényei jelentettek, amelyek többek között rendelkeztek a Duna szabályozási módszereiről és eszközeiről is. A mezőgazdaság és az élelmiszertermelés fellendülésével a későbbiekben egyre nagyobb teret és prioritást kapott a vízi közlekedés, illetve a vízi utak kiépítése is. A vízrendezési és szabályozási feladatok ellátására társulatok alakultak a XIX. században, majd Vásárhelyi Pál munkásságának köszönhetően jöhetett létre az egységes szabályozás. Az előntéssel fenyegetett területek védelmét főként földtöltésekből álló védvonalak jelentették, a XIX. század végére a jelentős mértékű folyószabályozási és árvízmentesítési munkák pedig nagyban meghatározták napjaink árvízvédelmi koncepciót és fejlesztési lehetőségeit is.

Az árvízvédelem meghatározó irányvonalait jelentő kultúrákat érintő történelmi visszatekintés alapján megállapítható, hogy az árvízmentesítési koncepció alapvetően a



töltésekkel és gátakkal történő nyomvonalas védekezésem alapult és alapul a mai napig. Nincs ez másképpen a hazánk esetén sem, ahol az árvízi károk megelőzésére irányuló, jelentősebb vízi munkálatok egészen a XVII. század elejére nyúlnak vissza. Elsőként 1613-ban született törvény, amely nevesítette a töltésekkel való védelem megvalósításának feladatát [69; 186. o.]. A XVIII. századra már komoly vízepítési munkák történtek műtárgyak, töltések és csatornák létesítésével, valamint szabályozási feladatok elvégzésével. A Tisza és mellékfolyói vonatkozásában a Tisza-völgy 1846-ig történt vízrajzi felvételein alapulva fontos mérföldkőnek tekinthető a Széchenyi István kezdeményezésére kezdődött, és Vásárhelyi Pál által kidolgozott tervek szerint megvalósult átfogó szabályozási munkák, illetve a Tisza-völgyi Társulat létrehozása. [69; 198-200. o.] Ezen korszakban történt fejlesztéseknek döntő érdeme volt abban, hogy a XIX. századra a védvonal rendszer struktúrája kialakult. A Tisza-völgy árvízvédelme szempontjából szintén nagy jelentőséggel bír a katasztrófális mértékű elöntéseket okozó, 1876-os árvíz, ami az azt követő 89 évig a legnagyobb árvíznek számított. A '76-os események során bekövetkezett töltésszakadások fontos tapasztalata volt, hogy a szabályozási munkák és a védvonal építések elkészülésével elsődleges feladatként kell kezelni a töltéserősítések és állagmegóvási munkálatok végrehajtását. [70; 312. o.] Szintén ezen időszakot követően valósultak meg a főváros belterületeinek védelmére partfal építési munkák, a rakpart kiépítése, valamint jelentős mederszabályozások is. [70; 221-222. o.] A Duna szabályozásában szintén döntő érdemei vannak Széchenyinek és Vásárhelyinek, akik felismerve a Duna, mint vízi útban rejlő lehetőségeket, szabályozási tervet dolgoztak ki. [71; 40. o.] Az Al-Duna szabályozásának alapja az 1879-es, katasztrófális következményekkel járó szegedi árvizet követő felülvizsgálatok voltak, amelyek a Tisza mellett kiterjedtek az Al-Dunán végrehajtott korábbi szabályozási munkákra is. [69; 42. o.]

Látható, hogy az ország mai, korszerű árvízvédelmi rendszerének infrastrukturális alapjait a XIX. században elvégzett árvízmentesítési munkálatok fektették le, amellett, hogy a Vásárhelyi nevéhez fűződő Tisza-szabályozási terv is ezen időszakhoz köthető. A Tisza szabályozásának koncepciójával kapcsolatban Vásárhelyi elképzelése mellett Paleocapa olasz vendég vízepítő mérnök is megfogalmazta, illetve dokumentálta elméletét. A két, korszakát meghatározó szakember terveit Dr. Szlávik Lajos hasonlította össze. Mindkét koncepció alapvetése volt, hogy a folyó teljes hossza mentén töltéssel történő védvonalak építését és folyókanyarok átvágását ötvöző árvízmentesítés szükséges. A két elképzelés közötti eltérések a töltésvonalak közötti távolságból, illetve

a szabályozási tervekben szereplő átvágások számából adódott. Dr. Szlávik elemző összehasonlítása szerint a Tisza-völgy későbbi árvízi tapasztalatai rámutattak arra, hogy az átvágás magas száma nem segítette elő kellő mértékben az árvizek levonulását. [72; 47-48. o.] A töltésekkel leszűkített nagyvízi medrek és a természetes nyomvonal korrekciók a mezőgazdasági, társadalmi és gazdasági (hajózhatóság) igényekből eredően a mentesített árterek megnövelése mellett egyben szeszélyesebbé és kiszámíthatatlanabbá is tették az árhullámok levonulását.

Az 1800-as években végrehajtott intézkedések tehát alapvetően determinálják napjaink árvízvédelmének irányvonalait, stratégiáit és továbbfejlesztési lehetőségeit, figyelemmel a fokozódó árvízi veszélyeztetettségre és a rekord méretű vízállásokra is. A továbbiakban ezen koncepciók és stratégiák elemzésére kerül sor az árvízkarok megelőzésének szempontjából.

## **2.2. Hazánk árvízi védekezését meghatározó stratégiák és koncepciók elemző áttekintése**

### ***Az Európai Unió Víz Keretirányelve (VKI)***

Az Európai Parlament és a Tanács 2000. október 22-én hatályba lépett, a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról szóló 2000/60/EK irányelve (Víz Keretirányelv, a továbbiakban: VKI) elsődleges célkitűzése a víztestek vízminőségének megóvása és javítása, illetve állapotromlásának megállítása, párhuzamosan a víztestek ökoszisztémájának helyreállításával és a fenntartható vízfelhasználás biztosításával. A VKI alapvetése, hogy „*a víz nem szokásos kereskedelmi termék, hanem örökség, amit annak megfelelően óvni, védeni és kezelni kell.*” [73; (1) bekezdés] A VKI 1. cikkében megfogalmazott fenti célok megvalósulása mellett, közvetett célként említi az árvizek és aszályok hatásainak mérsékléséhez való hozzájárulást, azonban az árvizek megelőzése céljából csak a vízi ökoszisztémák és vizes élőhelyek védelme aspektusából támaszt szempontokat. Mivel az árvízmentesítés során megfogalmazott prioritások, az árvízkarok megelőzése, és az emberi életek védelme nem mindig hozható összhangba az ökoszisztéma védelmével, és ez sok esetben a VKI-hez való illeszkedést is megnehezíti, vagy nem teszi lehetővé. A VKI alapintézkedésként írja elő például az árvizek szennyező hatásainak megelőzésére és/vagy csökkentésére szolgáló intézkedéseket. Mindezekkel azok az árvízmentesítési megoldások hozhatóak összhangba, amelyek a felszíni víztestek mederből való kilépésének megakadályozásával közvetlenül hozzájárulnak az árvizek során a vizekbe kerülő szerves és szervetlen

anyagokból eredő szennyeződések, illetve káros anyagok miatt fellépő vízminőségromlás megelőzéséhez és a víztestek jó kémiai állapotának fenntartásához. Az árvizek szétterülésének megakadályozását célzó intézkedések a természetvédelmi területeknek a vizek kártételeivel szembeni védelmét is szolgálják.

### ***Az Európai Unió Árvízi Irányelve***

Az Európai Parlament és a Tanács 2007. október 23-án hatályba lépett, az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló 2007/60/EK irányelv (Árvíz Irányelv) fő célkitűzése az árvíz megelőzéssel és árvizek elleni védelemmel kapcsolatos intézkedések és tevékenységek összehangolása és szabályozása az Európai Unió tagállamaiban. Egyik fő alapvetése, 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.”* [45; (3) bekezdés] Az árvíz kockázat-kezelési terveknek és intézkedéseknek a helyi és regionális adottságokon és veszélyeztetettségen kell alapulniuk. A beavatkozások célja nem az árvizek, mint természeti jelenségek ellen irányul, hanem annak káros hatásainak megelőzésére, illetve kezelésére. Az irányelv kiemelt feladatként kezeli a megelőzést és – a megadott szempontok mellett – az árvíz kockázat-kezelési tervek, illetve előzetes árvíz kockázati értékelések kidolgozását annak érdekében, hogy lehető legjobb és legalkalmasabb technológiával végrehajtott gyakorlatot kell megvalósítani. Az uniós stratégia tehát a helyi viszonyokon alapuló kockázat alapján az *„optimális intézkedési szintet”* alapozza meg a tagállamok közötti egységes koordináción és a harmadik országokkal történő együttműködésen keresztül, figyelembe véve a VKI-ben megfogalmazott környezetvédelmi és a vizek állapotának védelmére irányuló célokat is.

### ***Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT)***

A vízgazdálkodási fejlesztések részeként nagyrészt az Európai Unió Kohéziós Alapjának finanszírozásával megvalósított, és az elkövetkezendő években a vízgazdálkodási stratégiai tervezés eredményeként megvalósítani tervezett árvízvédelmi beruházásoknak az Árvízi Irányelv és VKI követelményei mellett, igazodniuk kell a Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (a továbbiakban: VGT) intézkedés rendszeréhez is. Tekintve, hogy a VGT a VKI megvalósításának egységes módszertan alapján kidolgozott eszközrendszere, illetve intézkedési programja van, a VGT szempontjából azok a tervezett hidromorfológiai intézkedések relevánsak, amelyek a víztestek és vízi élőhelyek

állapotára hatással vannak. Az árvízmentesítést célzó fejlesztések társadalmi céljainak prioritásai miatt a felszíni vizek ökológiai állapotára gyakorolt káros hatás sok esetben elkerülhetetlen. A vízkár-elhárítási célú fejlesztések végrehajtásánál sokszor előkerülő probléma ezért az árvízi és belvízi kockázat csökkentése és a vizek jó állapotának elérése együttes teljesülésének nehézsége. Az egyes beavatkozások vonatkozásában a VGT-ben előirányzott jó gyakorlattal és hatáscsökkentő intézkedésekkel összhangban azonban, mindkét szempont szerint kedvező intézkedések születhetnek. Ezen műtárgy-fejlesztések, morfológiai beavatkozások, kockázatértékelések stb. során az ökológiai szempontok és a természetvédelmi igények érvényesítése a megelőző intézkedések keretében realizálódhat, amelyre – az 1. sz. táblázatban a megelőzési és kockázatcsökkentési feladatok vonatkozásában ismertetett jellemzők alapján, a több fejlesztési lehetőségre épülő dinamikus forgatókönyvek és az egymással összehangolt információk felhasználása ad alapot. A védekezési időszak közvetlen veszélyelhárítási intézkedései keretében ezen szempontok háttérbe szorulnak, amellet, hogy a lehetőségük is sokkal korlátozottabb.

### ***Árvízi stratégiai kockázatkezelési terv (ÁKK)***

A VKI-ben és az Árvízi Irányelvben megfogalmazottakhoz, illetve előírtakhoz igazodva, az Európai Unió Kohéziós Alapjából finanszírozott „*árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázati terv készítése*” (a továbbiakban: ÁKK) elnevezésű projekt keretében került sor az éghajlatváltozás árvizek előfordulására gyakorolt hatásait is tekintetbe vevő árvízi kockázatbecslésre, és az árvíz kockázat kezelésére, valamint csökkentésére irányuló intézkedések rögzítésére.

Az ÁKK során az árvízi kockázati térképezés alapján az egyes régiók összkockázati szintjét is figyelembe véve a kockázatkezelési intézkedések három kategóriába sorolhatóak. Ezek az alábbiak:

- az elöntés veszélyét csökkentő,
- a kitétség csökkentésével az érintett vagyoneértékek védelmét szolgáló és
- a területhasználat elöntésnek való érzékenységet csökkentő intézkedések.

A főbb árvízi kockázatkezelési ÁKK intézkedések az alábbiak:

- töltésáthelyezés, töltésmagasítás, megerősítés, új töltés építése,
- víztározás, víz-visszatartás,

- nagyvízi mederkezelések (táj- és földhasználat váltás, mederkotrás, hullámtér rekonstrukció, árapasztó csatorna létesítése, övzátany-rendezés, mederstabilizáció, stb.) és
- nem szerkezeti intézkedések (jogszabályalkotás, monitoring stb.). [74; 1309. o.]

A fenti intézkedéseken keresztül az ÁKK célja, illetve fő prioritása az integrált vízgyűjtő-gazdálkodás részeként az árvizek pusztító hatásainak megelőzése, illetve csökkentése. Magyarország vízkár-elhárítással kapcsolatos szakpolitikai stratégiája és a megvalósuló fejlesztések is az árvízmentesítés irányában haladnak, tekintettel arra, hogy a kockázatok hosszú távon eredményes és költségghatékony kezelése a természeti értékeket, illetve ökológiai szempontokat is figyelembe véve a megelőzés útján megvalósíthatóak. Mindennek kitűnő alapjául szolgál az ÁKK keretében készített veszély- és kockázati térképek és a folyónk mentén üzemelő védvonalak állékonyságát felmérő geotechnikai vizsgálatok.

### ***Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv)***

A Magyarország Kormánya által 2017-ben elfogadott Kvassay Jenő Terv (a továbbiakban: KJT) hazai szakpolitikai stratégiának az Európai Unió kohéziós és strukturális politikai célkitűzéseivel összhangban, az összehangolt vízgazdálkodás részeként egyik fő célkitűzése, hogy *„kellő biztonságban legyünk a víz fenyegető káraitól”*. [75; 1. o.]

Az árvizekkel szembeni védelem vonatkozásában a KJT megemlíti, hogy az alapinfrastruktúra kiépítése már nagyrészt megtörtént (lásd árvízvédelmi művek kiépítésének főbb korszakai), azonban jellegüknél fogva nem kellően hasznosítás-orientáltak és rugalmasak, ami a klímaváltozás hatásait és az integrált vízgazdálkodási célokat is figyelembe véve, a jövőbeni hosszútávú működés szempontjából kedvezőtlen. A KJT-ben megfogalmazottak szerint fejlesztés, illetve előrelépés szükséges. Ennek elengedhetetlen eleme a tudományos kutatásokra és innovatív szakmai megoldásokra támaszkodó előtekintő szemlélet, illetve a víztudományi kutatás felerősítése<sup>8</sup>, valamint a „megelőzés központú vízgazdálkodás” keretében a prevenciós intézkedések kiemelt prioritásban történő kezelése. Mindezek alapján a KJT átfogó célrendszerében is hangsúlyt kapott az árvizek káros hatásainak megelőzésére irányuló szakpolitikai

<sup>8</sup>Napjainkban erre jó példa az Nemzeti Községi Közszolgálati Egyetem kötelékében megalakult, új Víztudomány Karon folytatott kutatómunkák

stratégia (a védekezés helyett kockázat megelőző vízkár-elhárítás), melynek részeként a nagyvízi mederkezeléseket az egyik legfontosabb feladatként nevesíti. Az Európai Unió 2014-2020-as programozási időszakában megvalósuló árvízvédelmi fejlesztéseknek (KEHOP-1.4.0 konstrukció keretében) a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás jegyében, a vízstratégiában megfogalmazott feladatokat, irányvonalakat és beavatkozási területeket kell követni. [75] Utóbbi tekintetében a KJT nagy jelentőséget tulajdonít az ágazati humán erőforrás-menedzsment, a tudományos kutatások, innováció, az oktatás és szakképzések fejlesztésének, valamint a víz és társadalom viszonya erősítésének. Nagyban elősegítheti továbbá a lakosság megelőző időszakban történő aktív bevonását is.

### ***Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (VTT)***

A hazai árvízmentesítéssel kapcsolatos stratégiák és koncepciók elemzésekor elengedhetetlen a Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésére irányuló *Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése* (a továbbiakban: VTT) programban foglaltak figyelembevétele. A VTT program közvetlen eredménye az ezredforduló környékén bekövetkezett rekord mértékű árvizeknek, amelyek az addigi Tisza menti árvízmentesítési koncepció újragondolását vonták maguk után. A VTT alapvetése a Tisza-völgyet érintő, mértékadó védképességet meghaladó árhullámok árapasztással történő csökkentése, valamint az árhullámok levonulási idejét redukáló beavatkozások megvalósítása, az alábbi 3 fő kockázat-megelőzésre irányuló pillérre támaszkodva:

- árvízvédelmi védvonalak előírás szerinti kiépítése,
- a nagyvízi meder jobb lefolyási viszonyainak elősegítése az áramlási, vízszállítási feltételek javításával,
- és árvízszint-csökkentő tározók megépítése.

A VTT 2003-as elfogadását [76] követően a mértékadó árvízszintek több alkalommal is módosultak. A 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet [35; 1. melléklet] értelmében jelenleg irányadó mértékadó árvízszintek, illetve az előírt magassági biztonsági értékek jelentős magassági hiányt jelentenek országosan. Mindemellett, az árvízszintek növekedése, illetve a MÁSZ értékek 6 évenkénti kötelező felülvizsgálata [77; 1. § (2)] a mértékadó értékek további növekedését vetítik előre. A VTT program egyik alapvetése volt ugyanakkor, hogy a védvonalak koronaszintjének jelentős növelése a keresztező műtárgyak és hidak átépítéséből eredően olyan jelentős költséggel és munkával járó

feladat, ami új koncepció megvalósítását sürgette. Tekintve, hogy a magassági hiányokból eredően a töltések jelenlegi előírásoknak megfelelően történő kiépítése is rendkívül magas ráfordítást igénylő feladat, a védvonal fejlesztés hosszú távú megvalósításának stratégiai és tervezési alapja lehet a védett érték és a kárérzékenység alapján megállapított differenciált védelmi szint [18; 37-38. o.], amely során a VTT-ben megfogalmazott intézkedésekkel összhangban, a nagyvízi medrek vízszállító képességének növelésére irányuló beavatkozásokat, valamint az új mértékadó magassági szintek esetén a megépült tározók hatásait is figyelembe kell venni. Mindez szintén harmonizál az árvízvédelemben kockázat alapú megközelítés alkalmazására irányuló, Európai Unió stratégiai célkitűzéssel.

A VTT program eredeti koncepciója szerint a vízkár-elhárítási célok mellett, a komplex programelemek keretében ártér-revitalizációs fejlesztések megvalósulásával az érintett térségek gazdasági potenciáljának, illetve versenyképességének növekedéséhez is hozzájárul. A fentiek alapján elmondható, hogy a VTT volt az első olyan árvízmentesítési koncepció, amely a hosszú távú célok, valamint a helyi adottságok figyelembevételével és komplex módon járul hozzá az árvízmentesítési célok teljesítéséhez. Mindez a már megvalósult beruházások mellett, a még tervezési fázisban lévő jelenlegi és jövőbeni fejlesztéseket is meghatározza a Tisza-völgyben.

### ***„Az árvízmentesítés és az árvízvédekezés legjobb gyakorlata” c. dokumentum***

Az Európai Unió kezdeményezésére 2003-ban elkészült és bemutatott „Az árvízmentesítés és az árvízvédekezés legjobb gyakorlata” elnevezésű dokumentum (a továbbiakban: Dokumentum) a fenntartható árvíz megelőzés és árvízmentesítés és árvízvédekezés tekintetében fontos szemléletváltásként említi, hogy a folyami árvizek elleni defenzív törekvésekkel szemben át kell térni a kockázat-csökkentő intézkedésekre, illetve az átfogó megelőző tevékenységekre, amelyben kiemelt jelentőség kell, hogy háruljon az árvizek előrejelzésére és a figyelmeztetésekre. A dokumentum továbbra is fontos elemként említi a szerkezeti védelmi rendszereket és intézkedéseket, amelyek során mindig kiemelt figyelmet kell fordítani a szolidaritás elvére, miszerint a vízkár-veszélyeztetettségéből eredő problémák egyik területről a másikba nem helyezhetőek át. A vízgyűjtő-alapú szemléletre támaszkodó megelőző védelemben az egyes beavatkozások során szükséges azok hatásainak kölcsönös egymásra hatásait is figyelembe venni. Ezen szempont hazánk esetében különösen nagy jelentőséggel bír,

mivel a Duna és a Tisza vízgyűjtőjének nagy része az országhatárokon kívüli területekre esik, illetve ezzel szoros összefüggésben az árvizeket előidéző okok is főként a határainkon túli területekhez köthetőek. A Dokumentumban felvázolt „legjobb gyakorlatok” szétválasztják a sík-, hegy- és dombvidéki területek esetén szükséges árvízmentesítési intézkedéseket, szembeállítják az kisléptékű megoldásokat a nagyléptékű intézkedésekkel elsősorban az árvízi események tartósságában mérhető különbségeken alapulva. A Dokumentum nem fejt ki részletesebben, hogy milyen intézkedéseket ért kis- és nagyléptékű megoldások esetén, azonban nem értek egyet azzal, hogy az innovatív megoldások lehetőségét az árvizek gyorsabb levonulására való hivatkozással a hegy- és dombvidéki területekhez köti, amire jó ellenpélda a mobil árvízvédelmi rendszerek folyami árvizek mederben tartására történő alkalmazása.

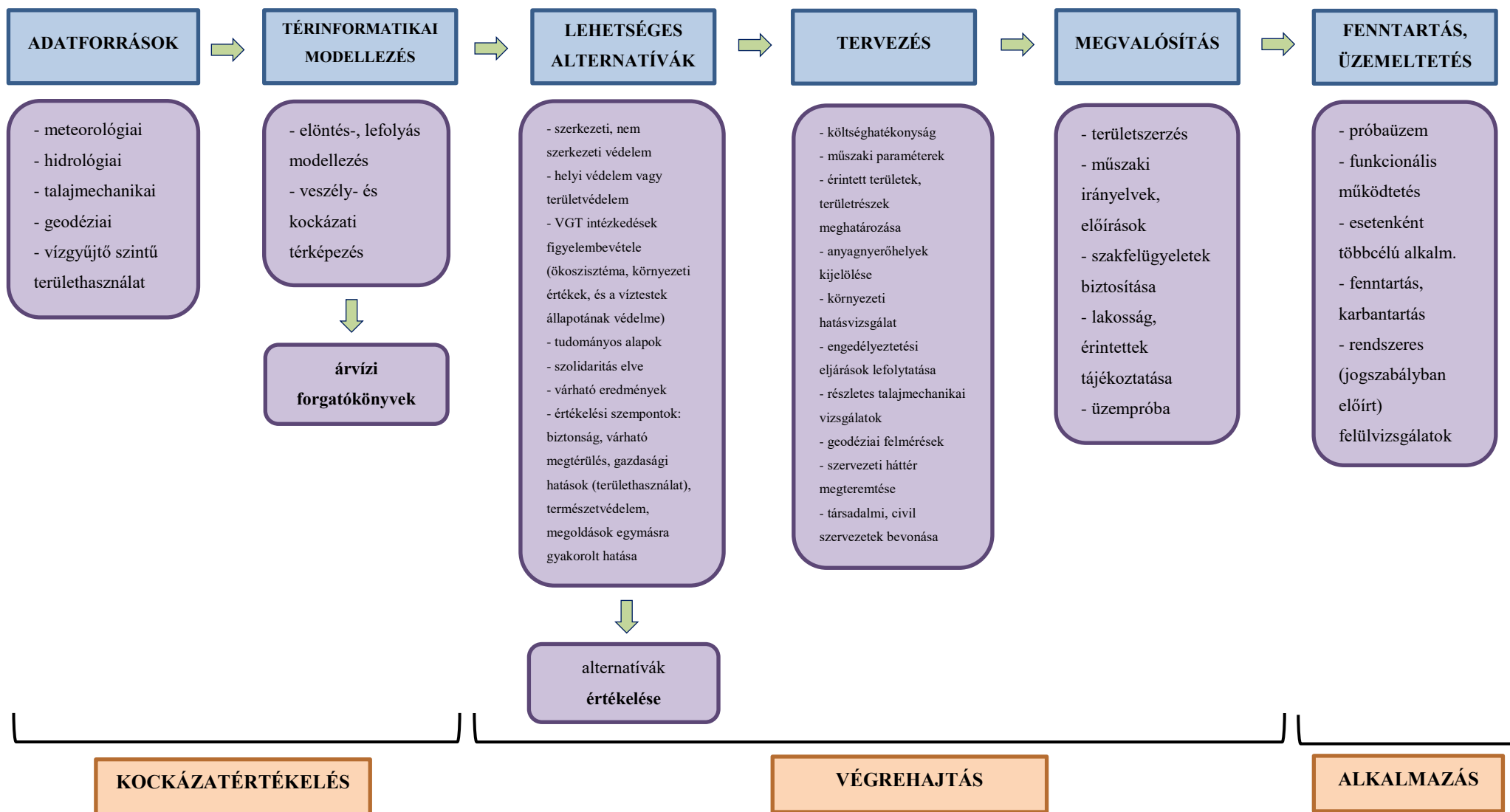
A Dokumentum az eredményes megelőzés gyakorlata szempontjából szintén fontos aspektusként említi a preventív területhasználatot, valamint az előtér kockázatával rendelkező területeken épített magasépítésű létesítmények biztonságának növelését, amely vonatkozásában külön építési szabvány bevezetésére tesz javaslatot. Ezzel összefüggésben megjelenik a lakosság helyi (saját-öncélú) árvízkar-megelőzési intézkedéseinek fontossága is. Cél a tájékoztatás, útmutatás és oktatás ezen szemléleten alapuló fejlesztése. [78]

**Összegzésképpen elmondható,** hogy napjaink árvízvédelmi fejlesztéseit és intézkedéseit meghatározó nemzetközi irányelvek, illetve nemzeti stratégiák és koncepciók az ezredfordulót fémjelző paradigmaváltást követték, illetve követik, miszerint a korszerű térinformatikai rendszereken alapuló kockázatelemzés és a preventív szemlélet került előtérbe. Figyelemmel a klímaváltozás hatásaiból és a hullámtér feltöltődésekből eredő veszélyeztetettségre, az egyes intézkedések során kiemelt jelentőséget kapott az integrált vízgazdálkodási szemlélet, a helyi adottságok, valamint az ökoszisztémák és a víztestek állapotának védelme. Mind a napjaink árvízvédelmét meghatározó XIX. és XX. század első felében végrehajtott beavatkozásokra és építkezésekre, mind pedig a fentiekben bemutatott koncepciókra elmondható, hogy alapvetésük a nagy kiterjedésű területek, illetve öblözetek árvízmentesítése. Az öngondoskodást, illetve a lakosság önvédelmét elősegítő intézkedések és iránymutatások jelentősége azonban alulreprezentált. Európa sok jelentős vízkár-veszélyeztetettséggel bíró országában a lakosság saját erőforrásaival is közreműködik az árvízkarok megelőzésében. Ennek elsődleges lehetősége helyi árvízvédelem keretében a



lakóépületek és magáningatlanok szerkezeti védelemmel való árvízmentesítése. Erre vonatkozóan csak a KJT fogalmaz meg javaslatokat, miszerint a korszerű objektumvédelem feltételeinek elősegítésével a megfelelő biztonsági szint a ráfordítási költségek optimalizálásával elérhető. Ezzel kapcsolatban az értekezés későbbi fejezetében javaslatokat fogalmazok meg egy lakossági hajlandóságot mérő kérdőív eredményeire alapozva. A KJT jelentőségét erősíti továbbá, hogy – elsősorban a kidolgozás és elfogadás ideje miatt – az Európai Unió árvízmentesítéssel és az árvízvédekezéssel kapcsolatos iránymutatásai jobban érvényesülnek benne, mint a VTT koncepciójában.

A fentiekben vizsgált irányelvekben és koncepciókban a preventív árvízvédelem vonatkozásában megfogalmazottakat, valamint a működő gyakorlat előnyeit is figyelembe véve, az árvízmentesítési beavatkozások, illetve fejlesztések megvalósítására az alábbi ábrán (22. sz. ábra) bemutatott koncepciót dolgoztam ki, és összeállítottam egy javaslatot azon mérföldkövekre és szempontokra, amelyeket a végrehajtás során mind a közösségi, mind a szakmai és gazdasági célok szempontjából célszerűnek tartok figyelembe venni.



22. sz. ábra: Javaslat az árvízmentesítési fejlesztések végrehajtásának módszertana *Készítette: a szerző*

### 2.3. Az árvízmentesítés műszaki lehetőségei napjainkban

Az árvizek megelőzésének múltját vizsgálva megállapítottam, hogy hazánk európai szinten is rendkívül magas vízkár-veszélyeztetettsége az árvízmentesítés területén már évszázadokra visszamenőleg is komoly erőfeszítések megtételét tette szükségessé. Tekintve, hogy folyóink vízgyűjtő területének nagy része a határainkon kívül helyezkedik el, az árvízvédelem gyakorlata során figyelembe kell venni, hogy mind az előrejelzés és beavatkozás szempontjából jelentős mértékben ki vagyunk szolgáltatva.

Az egyes természeti katasztrófák azon elméleti alapvetése, miszerint különbséget kell tenni a kiváltó jelenség és a kialakult a katasztrófa között, az árvizek esetén is teljes mértékben adaptálható, mivel a vízfolyások áradása alapvetően természetes hidrológiai folyamatok – sok esetben szükséges – következménye (lásd: egyiptomi példa). Az árvízmentesítés szempontjából is fontos ezért szétválasztani az árvizeket és rendkívüli árvizek okozta árvízi katasztrófákat. Az egyes műszaki beavatkozások és prevenciók intézkedések is ez utóbbi megelőzésére irányulnak.

Az árvízmentesítés operatív, illetve műszaki lehetőségeinek tárgyalását megelőzően az árvizek típusainak és a megelőzés lehetőségeinek kategorizálását tekintem át. A hazai szakirodalomban az árvizeket általában jéges árként, tavaszi árként, illetve a késő tavaszi, vagy kora nyárra jellemző zöldárként csoportosítják, tehát a szakirodalom az árvizeket nagyrészt folyami árvizekként értelmezi, és az árvízi vízhozam forrásának szempontjából kategorizálja. Az Egyesült Államokbeli Szövetségi Válságkezelési Ügynökség (FEMA) oktatási dokumentációjában megjelenő csoportosítás az árvizeket szélesebb skálán értelmezi. A kármegelőzés szempontjából is ezt a csoportosítást tartom a legadekvátabbnak:

- tengerparti árvizek *(általában a viharok és trópusi ciklonok tengerekre, illetve óceánokra gyakorolt hatásai váltják ki)*
- folyami árvizek *(folyó középvízi medrének partélét meghaladó árhullám okozta árvizek, villámárvizek (kiszívófolyások hirtelen megáradása),*
- felszíni csapadék-lefolyásból kialakuló városi árvizek *(rövid lefolyású heves esőzések következménye, amely során a lehullott csapadék meghaladja a elpárolgás és beszivárgás mértékét, tehát a víz felgyülemlik a felszínen),*
- tavakon kialakuló árvizek *(általában jégolvadás, vagy nagy mennyiségű csapadékhullás következményei)* és
- jégtorlasz okozta árvizek. [79; 2-3. o.]

Tekintettel arra, hogy Magyarország árvízi veszélyeztetettségét alapvetően a folyami és városi árvizek határozzák meg, jelen értekezésben is ezen hidrológiai jelenségek által előidézett károk és katasztrófák megelőzésének lehetőségeit vizsgálom.

### **2.3.1. Árvízmentesítési intézkedések Magyarországon**

A folyami árvizek vonatkozásában Dr. Halász László és Dr. Nagy Károly a „Katasztrófavédelem” című egyetemi jegyzetben a folyók és ember kölcsönös viszonyaként három lehetséges kategóriát nevez meg:

- passzív kapcsolat: az ember menekül árvizek következményei elől, vagy elviseli azok következményeit,
- aktív kapcsolat: az ember a természetes lefolyási viszonyokat változtatja és
- preventív jellegű kapcsolat: az ember megelőző jelleggel felkészül az árvizek várható következményeire figyelemmel a folyók vízjárásainak változásaira is. [38; 27. o.]

A passzív és preventív kapcsolat egyaránt vonatkoztatható a városi árvizekre és villámárvizekre is, a megelőzés szempontjából az intézkedések, illetve beavatkozások típusában rejlik a különbség.

Az aktív, illetve preventív kapcsolat részeként a folyami árvízmentesítési feladatok végrehajtása történhet az áradási kialakulásának és az árhullámok lefolyásának szabályozásával. Ilyen intézkedések között említhetők például a vizek lefolyásának befolyásolását célzó beavatkozások (pl. teraszosítás, elgátolás, összegyűjtő és elvezető csatornák kiépítése, növényzet telepítése, fásítás). Emellett, szintén a megelőzéshez köthető aktív tevékenységekként említhetők a hullámtér- és mederrendezések, a kis-, közép- és nagyvízi szabályozások, árapasztó csatornák és tározók létesítése, vagy a kockázattal járó víztöbblet természetes árterekre való, szabályozott kiengedése stb.

Dr. Szilávik Lajos szerint az árvízmentesítés módszereinek vonatkozásában megkülönböztetjük az árvíz keletkezésének és az árvíz lefolyásának szabályozására irányuló intézkedéseket. Előbbi kategóriába sorolható a vízgyűjtő rendezés, valamint a területhasználat szabályozása, ez utóbbi foglalja magába a szerkezeti árvíz-mentesítési beavatkozásokat. [72; 75. o.]

A hazánkban kialakuló folyami árvizek kártételeinek megelőzését célzó árvízmentesítési műszaki beavatkozások terén 4 főbb kategóriát különböztetünk meg, melyek az alábbiak:

- folyószabályozás

- középvízi mederkezeléssel: a középvíz-hozamok megfelelő befogadását elősegítő beavatkozások,
  - és nagyvízi mederkezeléssel: a középvízi mederből kilépő árvíz szétterülésének megakadályozására irányuló beavatkozások (védművek létesítése, hullámtér-rendezés, mederkotrás stb.),
- árhullámok elterelése: átvezető, párhuzamos, illetve megkerülő árapasztó csatorna létesítése,
  - az árvizek vízgyűjtőn való visszatartása (lefolyás-csökkentés): a hegyekből érkező víztömegek visszatartása, illetve tározása völgyzárógáttal és
  - területi védelmi rendszer: szükségtározás, lokalizálás.

A szerkezeti árvízmentesítés eszközeként, a napjainkra jellemző gyakorlatban legelterjedtebb létesítmények között említhetők az alábbiak:

- trapéz szelvényű földtöltés,
- árvízvédelmi falak (parapetfalak, támfalak), mobil árvízvédelmi falak és
- árvízszint-csökkentő tározók, beleértve azok létesítményeit és műtárgyait. [80; 252. o.]

### 2.3.2. Az árvízmentesítési létesítmények elemzése

A fentiekben bemutatott, hazánk árvízvédelmi rendszerét alapjaiban meghatározó árvízmentesítési létesítmények előnyeit és hátrányait bemutató elemzést a rendelkezésre álló szakirodalom és tervdokumentációk, valamint a gyakorlati tapasztalat alapján SWOT analízisek keretében végeztem el.

A vizsgálat elsődleges célja feltárni azon hiányosságokat és fejlesztési lehetőségeket, amelyek megalapozhatják a folyami árvízkárok megelőzésére alkalmazott újszerű megoldások alkalmazását, prekonceptióit, valamint a meglévő árvízmentesítési létesítmények hatékonyabb üzemeltetésének feltételeit. [80; 256-257; 260-261; 264-265. o.]. Mindezen keresztül az elemzéssel szintén céltom volt a települési árvízvédelem elősegítésére egy olyan **módszertani segédlet összeállítása**, amely rendszerezi az egyes létesítmények negatív és pozitív hatásait, alkalmazásuk előnyeit és hátrányait, valamint fejlesztési lehetőségeit. Az elemzés módszertanának vonatkozásában kiemelt szempontként kezeltem az egyenszilárdságot, amit a vonalas létesítmények esetén biztosítani kell. [81; 62. o.]

### **2.3.2.1. Döntéstámogató módszertani segédlet**

#### **Árvízvédelmi földtöltések**

Földrajzi, vízrajzi és történelmi okokra visszavezethetően hazánk árvízmentesítési rendszerét alapvetően a magaspartokkal kiegészülve, folyóinkkal párhuzamosan kiépített vízépítési földtöltések (gátak) határozzák meg. Mindez döntő szereppel bír a védekezés során alkalmazott stratégiák és eszközök terén is. A kiöntések megakadályozását célzó töltések az árvizek közvetlen terheléséből eredően a statikai állékonyság mellett a töltéstestben, illetve az altalajban jelentkező hidraulikus terhelésnek is ellent kell, hogy álljanak, ami a töltés állapotának és az árvizek tartósságának függvényében sokszor műszaki beavatkozásokat tesz szükségessé. Az árvízvédelmi földtöltésekkel kapcsolatban tehát nagyon fontos szempont, hogy a töltéstest és az altalaj elválaszthatatlan rendszerében működnek, ezáltal a szabványokban és jogszabályokban meghatározott műszaki kritériumok mellett kiépítésükre, vagy megerősítésükre jelentős hatással vannak a helyi szivárgási viszonyok. Megvalósításuk korlátozó tényezői lehetnek a domborzati és geológiai és területi adottságok, valamint a beépítettség, a helyi infrastruktúrák és a megfelelő minőségű földanyag kinyerésére alkalmas anyagnyerőhelyek távolsága.

Az árvízvédelmi töltések előnyeit, hátrányait és kockázatait bemutató, az alkalmazást segítő módszertani összefoglaló segédletet, illetve SWOT analízist az 5. sz. melléklet tartalmazza, amely különösen nagy figyelmet fordít az esetleges állagromlásból eredő kockázatokra. Az elsőrendű árvízvédelmi töltések állékonysági problémáiból származó kockázat sok esetben a „hagymahéj-szerkezetre” vezethető vissza. A növekvő LNV értékekkel lépést tartva a korábbi töltésfejlesztések során legtöbb esetben a humuszos fedőréteg eltávolítása nélkül lettek az újabb és újabb – a korábbi technológiai lehetőségek szerint alacsony színvonalú tömörített – rétegek ráépítve a töltéstest keresztmetszetére. Ebből kifolyólag, a rétegek mentén kialakuló kontúrszivárgások és töltésátázások súlyos állékonysági problémákat idéztek elő. [82; 97. o.]

Az óballai Tisza bal parti szakaszon hullámtér-rendezésre irányuló beruházás keretében végzett töltésáthelyezési, illetve elbontási munkálatok során készült, alábbi képek (23. sz. ábra) jól demonstrálják a töltésépítéshez használt gyenge minőségű anyagot, illetve a „hagymahéj-szerkezetet”. A bal oldali képen látható módon, helyi földanyagból épített töltés a '90-es években a vízoldal felől (képes nézetben balról) szelvénybővítés keretében átglyúrt agyagból, a tömörítési kritériumokat szem előtt tartva megerősítést kapott. A jobb oldali képen az egyes ráépített rétegek határai, és az anyagösszetételből adódó

„hagymahéj” karakterisztika, illetve helyenként a humuszréteg maradványai is jól kivehetőek.



23. sz. ábra: Az óballai Tisza bal parti szakaszon végzett töltéselbontási munkák során feltárt „hagymahéj-szerkezet” felülnézetben (balról) és oldalnézetben (jobbról)  
*Készítette: a szerző*

A SWOT analízisben felsorolt gyengeségek jelentős része a beépített földanyag öregedésére vezethető vissza, ami elősegíti a külső hatások (pl. hidrodinamikai terhelés, fagyások, kiszáradás stb.) okozta káros elváltozások kialakulását. [83; 274. o.] A töltések keresztmetszeti és magassági fejlesztése során törekedni kell a mentett irányba történő töltésfejlesztésre, amit az újabb kori beavatkozások során a gyakorlat többnyire követett is. Előfordulhat azonban olyan műszaki, vagy a terület-igénybevételt érintő körülmény, amely okán a töltésfejlesztés a meder keresztmetszetek esetleges szűkítésével jár. Ennek hatásai elsősorban kisebb vízhozamú, keskeny nagyvízi medrű vízfolyások (pl. Zagyva) esetén jelenthetnek a későbbiekben problémát.

### ***(Mobil) árvízvédelmi falak***

Az árvízvédelmi funkciót ellátó különböző támfalak és parapetfalak megvalósításának jogszabályi és műszaki szempontok alapján elsősorban települések belterületi részeinél van létjogosultsága, illetve földművek magassági hiányból eredő ráépítésénél. Az árvízvédelmi falak családjának speciális, újonnan elterjedő változata a mobil árvízvédelmi fal. A parapetfalak és a mobil szerkezeti megoldás közös jellemzője a teherhordó és szivárgásokat gátló alépítmény, amelynek méretezése alapjaiban determinálja a felszerkezetet is. Minderre tekintettel, ezen létesítmények megvalósítása esetén az árvízi terhelés növekedését figyelembe vevő, hosszú távon gondolkodó tervezési szemlélet szükséges, mivel a megvalósított védművek magassági növelésének lehetőségei igen korlátozottak. [84; 9. o.] Célszerűségi szempontból lehetőség van az árvízvédelmi falak kombinált megoldására is (pl. parapetfalra mobil szerkezetes fal

építése), valamint olyan területeken történő alkalmazásra, ahol a talajadottságok, a területi jelleg és korlátozottság, valamint a meglévő infrastruktúrák és műtárgyak miatt földmű létesítésére nincs mód.

Az uszadékokkal, jeges árral és elsodort tárgyakkal szembeni fizikai sebezhetőség miatt a mobilfalak nyomvonalát célszerű a sodorvonalától minél távolabb, a part belső részén, lehetőség szerint a hullámtérbe lévő fák által védett területen kijelölni. A mobilfalak alkalmazásának egyik további lényeges lehetősége, hogy alacsony helyigényükre való tekintettel, kerítések nyomvonalában, illetve közvetlenül telekhatároknál – akár az öngondoskodás részeként – is megvalósíthatóak. Szakértők véleményén alapulva, a talajkonszolidáció folyamata miatt árvízvédelmi falak frissen kiépített földtöltésbe való alapozása nem ajánlott. [84; 10. o.]

Az árvízvédelmi falak megvalósíthatóságával kapcsolatban meg kell vizsgálni továbbá a hatályos jogszabályi hátteret is. *A vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó általános szabályokról szóló 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet* (a továbbiakban: Rendelet) árvízvédelmi töltésekre és falakra vonatkozó rendelkezései szerint „*árvízvédelmi fal, illetve mobil árvízvédelmi rendszer csak a földtöltés kialakításához elegendő hely hiányában, vagy településrendezési indokból létesíthető*”. [86; 37.§ (2)] A rendelet ugyanakkor nem határozza meg, illetve nem definiálja a mobil árvízvédelmi rendszereket és azok típusait. A nemzetközi szakirodalomban sok esetben jelenik meg a homokzsákokkal, vagy tömbelemekkel való védekezés is a mobil árvízvédelem részeként. A komplex módon értelmezhető mobil árvízvédelem eszközrendszerének és típusainak alkalmazási feltételeinek szabályozását nem szerencsés „egy kalap alá” venni (különös tekintettel az állandó elemes és az állandó elemekkel nem rendelkező szerkezeti megoldások közötti műszaki különbségekre). [80; 258. o.] Szintén jogszabályi anomáliaként említhető az árvízvédelmi falakkal kapcsolatban az árvízvédelmi mű jogszabályi megfogalmazása. A *vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény* árvízmentesítésre vonatkozó meghatározásában a töltéseket, falakat és árvízcsúcs-csökkentő tározókat is árvízvédelmi művekként nevesíti, [87; 1. sz. melléklet 1. pont] azonban a 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet az árvízvédelmi művek alatt az elsőrendű, másodrendű, harmadrendű árvízvédelmi vízi létesítményeket és azok tartozékait érti, az árvízcsúcs-csökkentő tározókról és árvízvédelmi falakról külön meghatározással rendelkezik. [86; 2.§ 2-4. pont] A két megfogalmazás ellentmondást hordoz magában, ezért ennek feloldására



véleményem szerint az árvízvédelmi vízi létesítmény jogszabályi megfogalmazását szükséges tisztázni, ami alatt érthetünk töltéseket és árvízvédelmi falakat is.

A mobil árvízvédelmi falak, mint lehetséges árvízmentesítési megoldás alkalmazásánál a technológiai és vízügyi szakmai szempontok mellett nagyon fontos figyelembe venni a védekezéskor szükséges összeszerelés idő és élőerő igényét (beleértve a szállítási időt és kapacitásokat is), ami a létesítmény magasságától és nyomvonalának hosszától függően jelentős mértékben megnőhet. Ennek tervezése, illetve előzetes kalkulációja során fontos támpontként szolgálhat a szentendrei és szegedi árvízvédelmi falak felállításával kapcsolatos tapasztalatok, amik rávilágítottak arra, hogy a létesítmények hatékony üzemeltetésének akár kritikus pontja is lehet az összeszerelés művelete. A szegedi mobilfal 1,5 km nyomvonal hosszon történő felállítására irányuló gyakorlat során a mintegy 1900 db betétgerenda és 417 tartóoszlop elhelyezése 80 fő folyamatos munkája mellett 8 órát vett igénybe. [96; 3. o.] A szegedi mobilfal alapvetően magassági hiányok megszüntetésére lett kiépítve. Egy esetleges hosszabb szakaszon, önálló mobil szerkezetes védműként megvalósított létesítmény esetén, ezek a számok hatványozottan megnőhetnek. Az árvízvédelmi falak alkalmazásával és üzemeltetésével kapcsolatos, legfontosabb szempontokat összefoglaló módszertani segédletet az 5. sz. melléklet tartalmazza.

### ***Árvízszint-csökkentő tározók (VTT komplex program keretében megvalósult)***

Az árvízszint-csökkentő tározók működési koncepciójukat tekintve a fentiekben bemutatott, a kiöntések közvetlen megakadályozására épült párhuzamos védművektől eltér, ugyanakkor a tározók elsődleges célja is a védett területek árvízi elöntésének megelőzése. A hegy- és dombvidéki vízgazdálkodás keretében elsősorban lefolyás csökkentés céljából alkalmazott völgyzárógátas, vagy záportározós megoldások, valamint az árvízi szükségtározás a vízvisszatartás elvén működő tározási lehetőségek ismert és régóta alkalmazott formái. Az ezredfordulót követően, a VTT koncepció keretében a Tisza folyó mentén megvalósuló árvízszint-csökkentő tározó létesítmények létjogosultságát a növekvő árvízszintek, illetve ezzel szoros összefüggésben a mindenkori MÁSZ értékeket meghaladó árvizek esetére való többletbiztonság szükségessége adja. A területi adottságok és topográfiai viszonyok mellett, megvalósításuk koncepcionális alapja az árvíz visszatartási igény meghatározása, szintén lényegesek körülmény továbbá a lefolyás szabályozásában érintett folyó várható árvízi vízhozamai és a tározó(k) hidraulikai hatásvizsgálata. Az árvízszint-csökkentő tározók előnyeit, hátrányait,

kockázatait, valamint fejlesztési lehetőségeit összefoglaló táblázatot az 5. sz. melléklet tartalmazza.

Az egyes létesítmények módszertani segédletének alapjául szolgáló SWOT elemzések egyben rámutattak arra, hogy az árvízvédelmi töltések, falak és árvízszint-csökkentő tározók hazai viszonyok között együtt járulnak hozzá az optimális védelmi szint eléréséhez, egymást nem helyettesítik. A települési árvízvédelem vonatkozásában a kiválasztás és alkalmazás alapja lehet a fentiekben bemutatott szempontok szerinti rendszerező elemzés.

A megelőző időszak során az árvízmentesítési megoldások megvalósítása és fejlesztése mellett, a meteorológiai, vízrajzi, illetve térinformatikai rendszerek fejlődésével egyre hangsúlyosabbá válik az előrejelzés is, amelynek vizsgálatát a következőkben végeztem el.

#### **2.4. Az árvizek előrejelzésének lehetőségei**

A katasztrófák megelőzésének elméleti körüljárásáról szóló fejezetben megállapítottak szerint, a megelőző tevékenységek közé sorolható az előrejelzés, ami különösen jelentős szereppel bír az árvizek esetén, mivel az árhullámok kialakulásai általában megfigyelhető meteorológiai jelenségekkel összeköthető folyamatok következményei. Az előrejelzés elsődleges célja, ***hogy a megfigyelésen alapuló prognózisok lehetővé tegyék a mentesítésre irányuló intézkedések és beavatkozások időben történő megtételét.*** Mindez különös jelentőséggel bír a tározáson alapuló árvízmentesítés esetén.

A rövidtávú árvízi előrejelzések elsősorban hirtelen kialakulású árvizek esetén alkalmazhatóak eredményesen, a középtávú prognózisok jellemzően a folyami árvizekkel összefüggésben jelentkező prevenciós és védekezési feladatok végrehajtását teszik lehetővé. A tapasztalati módszereken is alapuló hosszútávú előrejelzés pedig az egyes ágazati stratégiák, védekezési tervek és az eredményes felkészülés lehetőségeit teremti meg a költségracionalizálás szempontjait is szem előtt tartva. A továbbiakban ezek részletes körüljárására kerül sor.

##### **2.4.1. Az árvízi előrejelzési hazai gyakorlatának ismertetése**

A vízfolyásokon kialakuló árhullámok megfigyelésével és előrejelzésével a közel 120 éves múltra visszatekintő, 2012. évtől az Országos Vízügyi Főigazgatóság szervezeti egységeként működő Országos Vízjelző Szolgálat foglalkozik. Az előrejelzések, illetve

a vízjárási térképek generálása a kiépített víz- és csapadékmérő hálózat adatain alapulva hidrológiai folyamatok várható alakulásának megállapításával történik. A hidrológiai (vízrajzi) előrejelzés egy adott, hidrológiai állapotból indul ki, és a folyamatokat befolyásoló meteorológiai és más körülmények, illetve folyamatok alapján ad prognózist a hidrológiai folyamat várható állapotára. A *prognosztizált hidrológiai tényező* adhat a vízállására, vízhozamra, vízhőmérsékletre, kémiai jellemzőkre és jégképződésre vonatkozó adatokat, az előrejelzés *alkalmazott módszere* pedig alapulhat mérések közötti összefüggések vizsgálatán, lefolyás, vagy csapadék-lefolyás modelleken. Mindez által, a hidrológiai előrejelzés a megfigyelt értékek, vagy jelenségek elemzésén alapuló előrejelzés ideje és az esemény bekövetkezése között eltelt idő közötti periódusban mérhető *időelőnye* alapján lehet:

- ultra rövidtávú (valós idejű) előrejelzések (fél órától-3 óra);
- rövidtávú (több órás, 1-2 napos);
- középtávú (több napos) és
- hosszútávú (több hetes, hónapos). [22; 80. o.]

A folyami árvizek prognosztizálásán alapját képező vízrajzi előrejelzés determinisztikus folyamatának főbb lépései az alábbiak:

1. csapadék-előrejelzés (folyamatban lévő meteorológiai folyamatok alapján);
2. csapadék-lefolyás modellezés (lehullott csapadék alapján) és
3. medertranszformációs modellezés (a víz folyómedrekben történő összegyülekezését követően). [22; 82. o.]

A hirtelen kialakulású árvizek előrejelzésére alkalmas ultra rövidtávú (valós idejű) előrejelző rendszerek esetén a hazai gyakorlatban is külön kategóriát képvisel az OMSZ által működtetett, az ország aktuális időjárás rendszerének leírására alkalmas MEANDER valós idejű „nowcasting” rendszer, amely 10 percenként beérkező mérési adatok alapján, numerikus modell alkalmazásával 1,5 km távolságú rácspontokban kalkulálja a meteorológiai paramétereket. A MEANDER térképes modell alapú rendszer a csapadékkintenzitás mellett a hőmérséklet, szél és csapadékösszegek adatairól is tájékoztatást ad [89]. A figyelmeztetések és riasztások az OMSZ honlapján elérhető figyelmeztető rendszeren keresztül érhetőek el, amelynek elsődleges célja a hiteles információnyújtás a lakosság és a média részére. Utóbbinak különösen nagy szerepe van,

mivel jelenleg a lakosság is elsősorban a várható időjárás helyzetéről a médián keresztül tájékozódik. Az OMSZ veszélyjelzései két fázisban generálódnak:

- az első fázisban az aktuális, valamint a következő napra készülnek „legvalószínűbb” figyelmeztető előrejelzések térképes és szöveges formában,
- a második lépésben a bekövetkezés előtt mintegy (fél-3 órával) sor kerül a riasztás kiadására (heves esőzés esetén 3, felhőszakadás esetén 2 fokozatban). [90]

A hirtelen kialakuló, lokális, intenzív csapadékhullás okozta árvizek pontos előrejelzésének nehézségei, illetve korlátai a jelenségeket kiváltó konvektív folyamatok labilis és a befolyásoló hatásokra érzékeny jellegéből adódik. Emellett, a prognózisok megadását nehezíti az intenzív, konvektív csapadékhullásokra jellemző inhomogén területi eloszlás és a kialakulás gyorsasága is. Az OMSZ veszélyjelző rendszere is jellemzően egy átlagos megye felét kitevő terület vonatkozásában tud előzetes figyelmeztetést kiadni, a lokális, gyors lefolyású jelenségek detektálása és figyelmeztetése vonatkozásában a korszerű meteorológiai rendszerek sem tudnak megfelelő időelőnyt garantálni. A sok bizonytalansági tényező okán, az intenzív esőzések esetén az OMSZ veszélyjelzési rendszerének elsődleges célja a jelenséggel járó villámlás, jégeső, heves szélledek által okozott károk megelőzése. A MEANDER tehát lefolyási viszonyokat nem vizsgál és tetőző vízhozamokra sem ad becslést.

A folyami árvizekkel kapcsolatos előrejelzési tevékenység esetén különösen nagy jelentőséggel bír a meteorológiai és hidrológiai adatok vízgyűjtő szinten történő feltérképezése, illetve megfigyelése, tekintve, hogy a hazánk folyóinak levonuló vizek is nagyrészt a határainkon kívülről származnak. Ezen elven alapulva fejlesztették ki az Európai Bizottság kezdeményezésére az Európai Árvíz-előrejelző Rendszer (European Flood Alert System, EFAS), amely összehangolt módon, kontinentális szinten kezeli az előrejelzéseket, illetve a hidrometeorológiai adatok elemzését az árvizek okozta károk megelőzési hatékonyságának fokozása érdekében. Az EFAS tagjai – így Magyarország is – akár 10 napos előrejelzési információkat, illetve figyelmeztetéseket kapnak az érintett vízgyűjtő területek vonatkozásában. A rendszer 2007. évtől kezdődően valós idejű prognózisokat is nyújt az esetleges hirtelen kialakulású árvizek kockázatáról. Az EFAS által szolgáltatott információk a Német Meteorológiai szolgálat (DWD) és a Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központja (ECMWF) középtávú, determinisztikus és valószínűségi (ensemble) hálózatok előrejelzéseit használja. Az EFAS „jelke” az

alkalmazott LISFLOOD hidrológiai modellben rejlik, amely a nagy kiterjedésű vízgyűjtő területeken a csapadék-lefolyás modellek és a folyómedreken történő levonulást vizsgáló modellek integrált alkalmazásán alapul. [91]

Felmerül a kérdés, hogy milyen formában működtethető egy valós idejű előrejelzések és riasztások kiadására alkalmas, integrált előrejelzési rendszer, ami képes vízrajzi és meteorológiai adatokon alapulva, lefolyási viszonyok modellezésén keresztül, megfelelő időelőnyvel figyelmeztetéseket adni a lakosság és érintett szervek részére.

#### **2.4.2. Az árvízi előrejelzés gyakorlata nemzetközi minták alapján**

A szélsőséges meteorológiai események, illetve ezzel szoros összefüggésben lévő árvizek által jelentős mértékben veszélyeztetett **Japánban** működő előrejelző-, riasztó-, illetve megfigyelő rendszer alapja az országban erre a célra kiépített radar mérőhálózat. A telepített mérőállomások nagyfelbontású, részletes telemetriai adatokat szolgáltatnak a lokalizált lehulló csapadék mennyiségéről. A hálózat alapkoncepciója, hogy a heves esőzések miatt megáradt folyók által veszélyeztetett területeken az előrejelzéssel biztosított időelőny lehetőséget adjon az evakuálásra. Az előrejelző hálózat magába foglal egy integrált folyóinformációs rendszert is, amelynek adatai számítógépes, illetve telekommunikációs eszközökön keresztül elérhető. A figyelmeztetés terminológiája szerint 5 különböző riasztási fokozatot különböztet meg a rendszer, a megfelelő protokollok, illetve óvintézkedések meghatározásával. Az információs hálózat részét képezi szintén egy zárláncú kamerarendszer, ami nagyban elősegíti az operatív feladatok meghatározását és végrehajtását. [92]

A **kanadai** Ontario állam lakosainak védelmét szolgáló árvízi előrejelző hálózat a 24 órás megfigyelés mellett, a szélsőséges időjárási eseményekkel, illetve a hóolvadásokkal összefüggő árvizek esetén, meghatározza az árhullámok várható mértékét, helyzetét és idejét is. A rendszer 4 különböző fokozatban (zöld, sárga, narancssárga, piros) generál figyelmeztetést. Az egyes kategóriák, illetve riasztások előre meghatározott küszöbértékekhez vannak rendelve. A hivatásos szerveken keresztül a lakosság részére elküldött figyelmeztető üzenetekben az alapinformációk mellett a felhasználó tájékoztatást kap az időjárási viszonyokról, az aktuális helyzetről, valamint a meghatározott riasztási szinthez hozzárendelt óvintézkedésekről. A rendszer szintén üzenetet küld, ha a veszély elhárult. A tájékoztató üzenetek e-mailen, web alapú alkalmazásokon keresztül, mobiltelefonos üzenetben vagy a Twitteren jutnak el a lakossághoz. [93]

**Kína** legnépesebb városának, a több mint 22 millió fő lakosú sanghaji metropolisz védelmét szolgáló árvízi megfigyelő- és riasztó hálózat alapvetése a hatáselemzésen alapuló előrejelzés, amely során a sebezhetőséget, illetve a károknak való kitettséget is integrált módon szükséges vizsgálni, a figyelmeztetéseket pedig a kockázat mértékének függvényében kiadni kell. A Sanghaj védelmét ellátó hálózat elemei alapvetően a szélsőséges időjárási jelenségek megfigyelésére, a meteorológiai anomáliák kritikus infrastruktúra elemekre, valamint az időjárás szempontjából magas érzékenységgű létesítményekre gyakorolt hatásaira és az alhálózati elemek támogatására fókuszál. Az előrejelző infrastruktúra műszaki rendszerének részét képezi több megfigyelő radarállomás, mobil mérőállomás, műholdas kommunikációs hálózat, mérőtorony és egy valós idejű képet közvetítő zárláncú képrögzítő rendszer. A lakosság riasztásában különösen nagy szerep hárul a telekommunikációs eszközökre (TV, rádió, mobiltelefon), valamint a webes felületekre, valamint a különböző informatikai alkalmazásokon és jelző tornyokon keresztül történő tájékoztatásra. [94]

A vízgyűjtő területek valós idejű árvízi előrejelzésére az Európai Unió által finanszírozott, egyedi árvízi előrejelző- és figyelmeztető rendszerek mellett hatékony módszerként említhető a **Belgiumban** kifejlesztett, illetve alkalmazott hálózatok. Az egyik ilyen módszer a Dijle folyó mintegy 2500 km<sup>2</sup> kiterjedésű, Flandriában található vízgyűjtő területén működő árvízi figyelmeztető- és döntéstámogató rendszer, amelynek célja az intenzív esőzések által sújtott területen az árvizek előrejelzése, valamint az árvízmentesítésben érintett vízgazdálkodási infrastruktúra szabályozott formában történő működtetése. A Dijle folyó előrejelző rendszere egy magas részletezettségű 1D-s hidrodinamikai modellt alkalmaz, amely 15 perces időintervallumon belüli, rövidtávú előrejelzést képes szolgáltatni. A rendszer algoritmusába integrálásra kerültek az árvízmentesítési infrastruktúrák, amely így a mért adatok alapján lehetővé teszi az integrált hálózat elemeit képező létesítmények rendszerszerű és optimális üzemeltetését. A megadott küszöbértékek függvényében generált előrejelzések tartalmaznak árvízi veszélytérképeket is, amelyek jelentősen elősegítik a döntéshozatali mechanizmusokat, illetve a beavatkozások prioritásainak meghatározását. [95]

Szintén belga példaként említhető a Demer folyó völgyében működő valós idejű árvízi előrejelző rendszer. A hálózat informatikai hátterének alapcélja, hogy a Demer-völgyben működő árvízmentesítő létesítmények (gátak, zsilipek és tározók) szabályozott működtetésével mentesíthetők legyenek a káros mértékű árvizek. Különösen fontos szempont a területen létesített két árapasztó tározó kalkulált számítások szerint történő,

szabályozott feltöltése. A különböző szimulációk, illetve eredmények rámutattak arra, hogy az előrejelző rendszer intelligens algoritmusai egyaránt hatékonyak az árvízszintek csökkentése és a vízkormányzás terén. A Demer-völgyben alkalmazott modell legnagyobb előnye abban rejlik, hogy képes kezelni a folyó és az árvízmentesítési infrastruktúra közötti nem lineáris, komplex kölcsönhatást. [96; 2-4. o.]

A legtöbb hidrológiai megfigyelő rendszer csak a rövidtávú prognózisok terén tud megfelelő pontosságú adatokat szolgáltatni a meteorológiai előrejelzések és megfigyelések számottevő bizonytalansági foka, illetve a mérési és megfigyelési adatok hibaforrásai miatt. Részben ennek is köszönhetően, az elmúlt évtized fejlesztési igazolták, hogy a szimpla determinisztikus, illetve numerikus előrejelzési módszerek helyett a determinisztikus módszerek és valószínűségi előrejelzések együttes alkalmazásán alapuló rendszerek képesek hosszabb távon is megbízható adatokat szolgáltatni.

A japán példa szerint a hatékonyan működő, integrált árvízi előrejelző- és figyelmeztető rendszerek algoritmusai a riasztásokat, illetve veszélytérképeket a veszélyeztető hatás típusa, valamint a sebezhetőség és a káros hatásoknak való kitettség (élet, vagyoneérték, létfontosságú javak stb.) függvényében generálják, illetve állapítják meg.

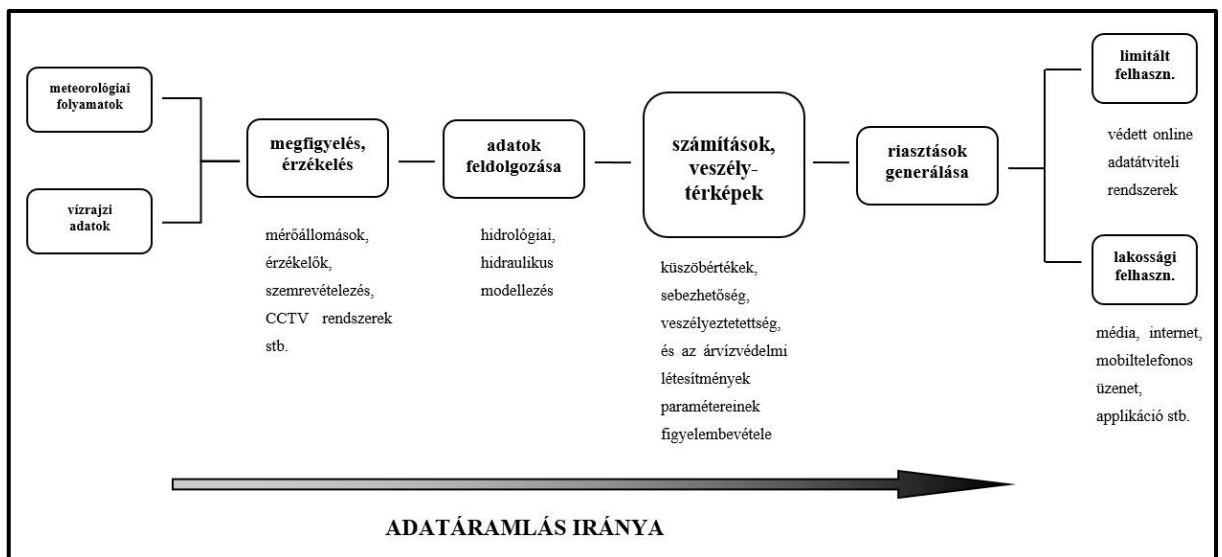
A nemzetközi példák és az uniós fejlesztési törekvések is merítési lehetőséget adnak a meglévő előrejelző modellek és hálózatok fejlesztésére, így módon javaslatot tesznek az alábbi, hatékonyságnövelő szempontok figyelembevételére:

- a lakossági megfigyelések és észlelések központi értékelő rendszeren keresztül történő regisztrálásának lehetősége (on-line);
- a mérő- és megfigyelő hálózat kiegészítése helyenként zárláncú videó megfigyelő rendszerekkel, amelyek elősegítik a döntéshozatali mechanizmusokat, a beavatkozási területek meghatározását, a védekezés végrehajtását és a lakosság tájékoztatását, valamint
- a nyomvonalas létesítményekhez (műtárgyakba, töltéstestbe, talajba) érzékelők telepítése, amelyekkel egyrészt az esetleges üzemzavarok és gátszakadások kivédhetőek, másrészt pedig a belterületeket érintő létesítmények esetén lehetőséget adnak meghibásodáskor az óvintézkedések megtételére, illetve evakuálásra.

Az árvízi előrejelző rendszerek – különösen a valós idejű előrejelzések esetén – másik nagyon lényeges pontja az időben leadott figyelmeztetések által az óvintézkedések

megtételére biztosított *időelőny*. A nemzetközi előrejelző hálózatok tapasztalatai szerint a lakosság riasztásában nagyon fontos szerepe van a médiának, valamint a mobiltelefonos üzeneteknek és alkalmazásoknak. Ennek tárgyalása során nem elhanyagolható körülmény, hogy a Központi Statisztikai Hivatal 2015. év végére vonatkozó adatai szerint hazánkban a mobiltelefon-előfizetések száma megközelített a 12 milliót, ami egy hosszú évek óta tartó folyamatos növekedés eredménye. [97]

A fenti tapasztalatok alapján, hazánk jelentős árvízi veszélyeztetettségéhez mérten a komplex árvízi előrejelző és figyelmeztető rendszerek kialakításánál, illetve továbbfejlesztésénél az alábbi elvi sémán látható főbb rendszerfelépítést javaslom alapul venni (24. sz. ábra)



24. sz. ábra: Árvízi előrejelző és figyelmeztető rendszer javasolt felépítése  
Készítette: a szerző

## 2.5. Az öngondoskodás szerepe az árvízkárok megelőzésében

A hazai ágazati stratégiákban, illetve koncepciókban megfogalmazott célok és intézkedések alapvetően a területvédelemre, illetve ártéri öblözetek védelmére épülő árvízvédelmi rendszer kialakítását és fejlesztését helyezik előtérbe. Ugyanakkor, „Az árvíz megelőzés, az árvízmentesítés és az árvízvédekezés legjobb gyakorlata” c. dokumentum is hangsúlyozza, hogy a felkészülés keretében a válságkezelési és árvízmentesítési tervek részeként, vizsgálni szükséges az önvédelem és az öngondoskodás lehetőségeit is. [78; G2 pont] Megjegyzendő, hogy *a magyar szakirodalom és tudományos háttér is hiányos a helyi árvízmentesítés elvi és gyakorlati kérdéseinek kutatása terén*. Mindennek jelentőségét növeli, hogy a területhasználati



sajátosságok, és az árvízszintek megnövekedése a tudatos önvédelem támogatásával, és feltételeinek elősegítésével katasztrofális méreteket öltő káresemények kialakulása előzhető meg. A preventív önvédelemre is elmondható, hogy legegyszerűbb módja a veszélyeztetett területektől való kivonás, azonban a történelem során is bebizonyosodott, hogy erre sok esetben nincs lehetőség. Emiatt célszerű az épületek és a hozzájuk tartozó infrastruktúrák árvízmentesítő műszaki megoldásairól már a tervezési, illetve kivitelezési fázisban gondoskodni. A lokális árvízvédelem részeként az egyes önvédelmi célú technológiáknak és intézkedéseknek szintén ki kell terjedniük a már felépült épületek és létesítmények védelmi képességeinek növelésére is. Mindezek elterjesztésére – az ágazati stratégiákba történő hangsúlyos integrálás mellett – a kormányzati, illetve regionális programok, *„az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásra, valamint a kockázatok megelőzésének és kezelésének elősegítésére”* irányuló tematikus célkitűzések jegyében Európai Unió vagy központi költségvetési pályázati források jelentős ösztönző hatással lehetnek.

Tekintve, hogy az elsőrendű árvízvédelmi fővonalak kiépítése, üzemeltetése és fenntartása állami, illetve önkormányzati feladatkörbe tartozik, felmerül a kérdés, hogy a lakosság önvédelmi célú megoldásainak elsősorban milyen esetekben van létjogosultsága, és hol merül fel szükségessége. Az öngondoskodás műszaki lehetőségeinek integrált megvalósítása főként az alábbi esetekben lehet indokolt:

- az egyre intenzívebb formában és sűrűbben tapasztalható szélsőséges időjárási jelenségek által változott lefolyási viszonyok miatt villámárvízi előtéssel veszélyeztetett ingatlanok esetén,
- nyílt árterekbe épült/épülő ingatlanoknál,
- a magas partok esetleges kimerülése által veszélyeztetett települések lakóházainak ideiglenes védelmére,
- olyan hullámtérbe épült önálló létesítmények, vagy ingatlanok esetén, amelyek megvédése gazdasági, vagy társadalmi érdekből indokolt,
- helyenként lokalizációs árvízmentesítési létesítmények alternatívájaként, vagy
- intenzív csapadékhullás által előidézett, belterületi lefolyásból kialakuló városi árvizek elleni védelemre.

A megelőzés szempontjából az önvédelmi erőfeszítések sok esetben akkor hatékonyak, ha a település jellegétől és a védendő ingatlanok elhelyezkedésétől függően tudatos

rendszert alkotnak egymással. Ennek tárgyalása során szintén fontos aspektus a szolidaritás elve, vagyis nem lehet cél az árvíz egyik portáról a másikra történő „átvezetése”. Ezzel összefüggésben is, a lakosság felkészítése és rendszeres tájékoztatása szintén elmaradhatatlan feltétele a lakosság preventív árvízvédelemben való aktív és hatékony közreműködésének. A továbbiakban az öngondoskodás, mint helyi árvízvédelmi megoldás lehetőségeit vizsgálom.

### **2.5.1. Az épületek árvizek által sebezhető pontjai**

Az árvízkárok megelőzését célzó, önvédelmi célú műszaki lehetőségek elemzését megelőzően fontos a lakóépületek sebezhető pontjainak feltárása és vizsgálata, amely alapvetően körülhatárolja és determinálja a megfelelő megelőző intézkedéseket. Egy a több jelentős Ausztráliában működő ágazati szervezet, egyetem és tudományos kutatóműhely közös munkája eredményeként kiadott, az épületek árvízkárokkal szembeni sebezhetőségének csökkentéséről szóló útmutató egyaránt tudományos és mérnöki szemszögből közelíti meg az épületek árvizek káros hatásaival szembeni ellenálló képesség növelésének lehetőségeit. Az útmutató alapvetően az alábbi kategóriák szerint csoportosítja az árvizek épületekre gyakorolt hatásait:

- a külső falakon jelentkező szerkezeti károk,
- a belső szakipari szerkezeti elemekben történő károsodás és
- a többszintes épületek esetén a teherhordó, sík szintelválasztó szerkezeti elemekben bekövetkezett károk.

Az árvizek károsító, illetve fizikai roncsoló hatása az alábbi okokra vezethető vissza:

- a víz és az épületelemek közötti kölcsönhatás miatt fellépő károk,
- a talajviszonyok jelentős átalakulása miatt fellépő rendellenességek az alapozásban, illetve az épületek statikai stabilitásában,
- a víz közvetlen fizikai hatásai, amelyek lehetnek:
  - hidrosztatikai terhek:
    - oldalirányú teher: külső falak oldalirányú elmozdulását okozhatja, egyaránt kifejti hatását a vízzel telített talajban is;
    - függőleges irányú teher: a víz súlyából eredő, vízszintes épületelemekre ható terhelés;
    - felhajtóerő: az épületszerkezet alá bejutó víz nyomó hatásából eredő terhelés;

- hidrodinamikai hatások: nagysága a víz áramlási sebességének függvénye, toló- vagy szívó hatásként fejtődik ki a külső szerkezeti elemekre,
- a víz által sodort tárgyak, törmelékek okozta mechanikai hatások:
  - a vízfelszínen úszó tárgyak fizikai roncsoló hatása;
  - törmelékek, tereptárgyak vagy a növényzet lerakódásából, illetve felhalmozódásából eredő nyomóerő hatása. [98; 26-31. o.]

Mindezen felsorolt hatásokat nagyban befolyásolja az épületek mérete és formája, az áramlási viszonyok, valamint az egyes épületek közötti távolság, illetve a településszerkezeti, illetve topográfiai adottságok. [98; 30. o.]

Az útmutató megemlíti továbbá, hogy az egyes épületszerkezeti elemek károsodása az épületre ható különböző fizikai hatások sorozatából is következhet, amit szintén fontos figyelembe venni az árvízmentesítési műszaki megoldások megválasztásánál és alkalmazásánál. Erre példaként említhető az árvíz következtében a víz áramlási irányával párhuzamos falakon jelentkező szívóhatás, ami egyben gyengíti a frontfalak ellenálló képességét is. Az árvizek épületekre gyakorolt igénybevételeivel és káros hatásaival kapcsolatban főbb sebezhető pontként és potenciális kárforrásnak határozta meg az alábbiakat:

- külső falburkolat rongálódása,
- külső teherhordó falak leomlása, beszakadása,
- nyílászárók (ajtók, ablakok rongálódása, beszivárgás),
- épületszerkezeti elemek csatlakozásainak sérülése,
- szennyvízelvezető rendszer meghibásodása,
- épület alapozásának sérülése,
- szigetelések sérülése és
- az érintett ingatlanhoz tartozó kiegészítő létesítmények (kerítés, garázs stb.) rongálódása.

A fentiek alapján elmondható, hogy a helyi árvízvédelem keretében végzett önvédelmi prevenciók intézkedések esetén fő szempont az épületelemek árvízzel való érintkezésének, valamint a víz beltéri helyiségekbe történő bejutásának megakadályozása. Ezeknek a céloknak a megvalósulását elősegítő műszaki megoldások a következőkben kerülnek bemutatásra.

### 2.5.2. Az önvédelmi célú helyi árvízmentesítés műszaki lehetőségei

A lakosság árvízkárok megelőzését célzó, öngondoskodás keretében végrehajtott intézkedéseit tárgyalva nem lehet eleget hangsúlyozni, hogy mindig a legjobb megoldás elkerülni a magas árvízi kockázattal bíró ártéri és hullámtéri területeken történő építkezést, szem előtt tartva, hogy 100 %-os védelem megteremtése sem a gyakorlatban sem pedig tudományos megközelítésben nem létező fogalom. Evidencia, hogy az építkezés, illetve a vagyonértékek telepítése, illetve elhelyezése ezeken a területeken mindig kockázattal jár. Mindez által, az öngondoskodás során végrehajtott intézkedések és műszaki beavatkozások célja az árvizek potenciális kártételeinek lehető legkisebb mértékre való redukálása.

Az épületek árvízvédelmét célzó helyi önvédelmi intézkedéseket alapvetően átmeneti (árvíz előtt telepíteni szükséges) és permanens megoldásokként csoportosítja a szakirodalom. A két kategória közötti releváns különbség, hogy amíg az ideiglenes műszaki létesítményeket árvíz előtt kell telepíteni, addig az állandó létesítményeket nem szükséges az árvizeket megelőzően telepíteni, illetve aktiválni. [99; 298. o] A beavatkozások megválasztása és alkalmazása általában azon fő cél mentén történik, hogy az árvizek épületekbe való bejutása megakadályozható legyen. A preventív öngondoskodás tervezési és műszaki lehetőségeit az alábbi módon lehet csoportosítani:

– Elkerülés (*avoidance*):

- *épület elhelyezése*: alapjában meghatározza a további műszaki létesítmények szükségességének mértékét és alternatíváit. Mindehhez szükséges előzetesen ismerni az árvíz valószínűsíthető forrásait és áramlási irányait. Az elkerülés megelőző megoldásai között említhető az épület alapszintjének megemelése, vagy olyan területen való kijelölése (pl. magaslat), amelyre az árvíz nincs közvetlen hatással,
- *tereprendezés*: a területet érintő olyan beavatkozások, amelyek befolyásolják az árvíz áramlási útvonalát, lehetővé téve a víz irányított elterelését és elvezetését (pl. földtöltések, árkok),
- *vízelvezetés*: helyszíni vízelvezető rendszer megvalósításával a káros vízmennyiség szabályozott körülmények között elvezethető, illetve átmenetileg visszatartható (pl. drénezés, felszín alatti tartályok, csatornázás),

- *periféria védelem*: a víz bejutását gátló, szivárgásmentes külső falak és kerítéselemek kiépítése,
- épületek alsó szintjének *szerkezeti megemelése*: célszerűen a mértékadó árvízszint fölé (pl. cölöpökre épített házak). [100; 53-61. o.]

Mindezen eljárások esetén is fontos azt az alapelvet követni, hogy az árvizekből eredő problémákat, illetve veszélyeket nem szabad önvédelmi célból továbbadni.

- Ellenállás (*resistance*): azok az intézkedések, amelyek közvetlenül gátolják az árvíz épületekbe történő bejutását, illetve beszivárgását. Jellemzően a gyors lefolyású árvizek esetén hatékonyak (pl. nyílászáról védelme mobil szerkezeti megoldásokkal, visszacsapó szelepek, nem vízáteresztő szellőző téglák).
- Alkalmazkodás (*resilience*): az árvizek hatásaihoz rugalmasan alkalmazkodó olyan adaptív intézkedések, amelyeket általában az épület belső kialakításánál szükséges végrehajtani a potenciális károk csökkentése érdekében. Az „ellenállásra” irányuló intézkedésekkel kombinálva célszerű alkalmazni, valamint azokban az esetekben, amikor az árvizekkel szembeni ellenállást biztosító létesítmények használatára nincsen lehetőség. Az árvizekhez alkalmazkodó belsőépítészeti megoldások megfelelő megválasztásakor különösen fontosak a potenciális árvizek jellemzőinek ismerete, mint a várható vízoszlop magasság, levonulási idő és a vízminőség. Példaként ide sorolhatóak a vízálló anyagokból készült belső szakipari szerkezeti elemek, elektromos csatlakozók és elektronikai berendezések magasabb pontokra történő helyezése, illetve szerelése, valamint szivattyúk elhelyezése.

A fentiek mellett egy, az Elba folyó 2002-es, súlyos következményekkel járó árvízi tapasztalataival foglalkozó német tanulmány a megelőző öngondoskodás 4. kategóriájaként megemlíti az épületek belterületén elhelyezett veszélyes létesítmények (pl. kazánok) valamint káros anyagokat tároló tartályok (pl. olajos hordók, vegyszerek) megelőző védelmének biztosítását (pl. magasabb szinteken való elhelyezés, vízzáró, illetve szivárgásmentes tárolás stb.) [101; 119. o.] A tanulmány rámutatott továbbá arra, hogy extrém mértékű árvizek esetén, amikor az elkerülő és ellenálló szerkezeti megoldások, illetve intézkedések nem tudják megakadályozni a víz épületekbe történő behatolását, akkor az árvíz hatásaihoz alkalmazkodó megoldások érnek a legtöbbet a károk csökkentése szempontjából. [101; 124. o.]

A tapasztalatok azt mutatják, hogy az árvízi kockázat függvényében, a leghatékonyabb komplex ***védelem az átmeneti és permanens jellegű árvízmentesítési létesítmények egyidejű alkalmazása mellett valósítható meg.*** A Rajna Védelmére Szolgáló Nemzetközi Bizottság (ICPR) árvízkar megelőző intézkedések hatékonyságát vizsgáló elemzése szerint az épületek árvízvédelmi falakkal történő védelme mellett, az árvízkarok akár 80%-al csökkenthetőek (amennyiben az árvíz szintje nem haladja meg a létesítmények magassági korlátait). A fennmaradó károk általában a mélyépítésű épületelemek károsodásából, illetve beázásából keletkeznek, ezért a terepszint alatti épületrészek megfelelő szigetelésével az árvízmentesítés hatékonysága akár a 100 %-os szintet is megközelítheti. [102; 26. o.]

Az öngondoskodás egyes innovatív alternatíváit elemezve, valamint a hazai árvizek jellemzőit és az ellenük való védekezési gyakorlatot vizsgálva – figyelembe véve a hazai árvizek jellemzőit, az ártereken való területhasználatot, valamint az elterjedt településrendezési elveket – ismertetek néhány nemzetközi szinten hatékonyan bizonyult megoldást. Javasolom ezek adaptációs vizsgálatát, hazai rendszeresítését és szükség esetén szabványosítását. Mindezzel célozom a hazai árvízkarok csökkentése, és a költséghatékony, öngondoskodással kiegészülő komplex árvízmentesítés megteremtésének elősegítése.

### ***Homokzsákkal és hidrozsákkal való védekezés***

Az épületek árvízmentesítésének átmeneti megoldására elterjedt homokzsákos módszert hazánkban is gyakorta használják. Alkalmazásuk főként a védekezési időszakban történő óvintézkedések keretében történik, azonban az önvédelem részeként megelőző árvízvédelmi megoldásként is felhasználhatóak. A homokzsákkal történő átmeneti árvízmentesítés korszerű formája a számos külföldi országban elterjedt, aktív elven működő, vízre duzzadó ún. „hidrozsák” (25. sz. ábra).

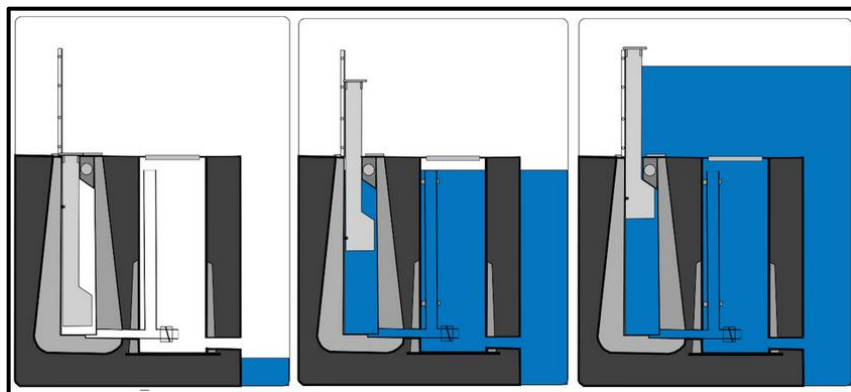


25. sz. ábra: A homokzsákok alternatívájaként szolgáló „aktív” hidrozsák  
Forrás: Twisfix [103], Készítette: nem ismert

A **hidroszák** aktív működési elve, hogy töltőanyagként szolgáló higroszkópos, tehát magas adszorpciós képességű polimerek a vizet magukba szívják és kristályosítják, ezáltal nem engedi ki magából (még esetleges mechanikai sérülések esetén sem). Az egymásra helyezett hidroszákok eredményes, szivárgásmentes védelmet tudnak biztosítani egyaránt nyílászárókhoz és a védett létesítmények köré helyezve, valamint a talajból feltörő vizek lokalizációjára. További nagy előnye, hogy súlya egy szabvány homokzsák körülbelül egytizedét teszi ki, valamint a töltőanyaga nem jelent szennyezési terhet az emberi egészségre és a környezetre sem. Az egyenként mintegy 20 liter víz felszívására képes zsákok kisebb méretűknél és súlyuknál fogva előnyösek a könnyű tárolás és telepítés szempontjából is. [104] Hátrányként említhető, hogy beszerzési ára magasabb a homokzsákokénál. Nyomvonalas árvízmentesítésre elterjedt formája a külföldi termékkatalógusokban „hydrosnake” néven ismert tömlő, ami a hidroszák adszorpciós elvén alapulva hosszanti védelmet képes nyújtani az árvizek védett területre való bejutása ellen.

### **Önműködő árvízvédelmi fal**

A permanens helyi önvédelem elterjedt és nagyon hatékony eszköze a holland fejlesztésű felemelkedő árvízvédelmi fal (26. sz. ábra). Az épületek árvízmentesítése mellett ezt a műszaki megoldást alkalmazzák rakparti részeken, illetve töltésmagasítás eszközeként is.



26. sz. ábra: Önműködő elven működő árvízvédelmi fal  
Forrás: Van den Noort Innovations [105], Készítette: ismeretlen

Működési elvét tekintve, a fenti ábrán szemléltetett módon, a vízoldalról egy beengedő tartályon és visszacsapó szelepen keresztül a szerkezet faleleme hidraulikus úton kiemelkedik az árvíz szintjének növelésével, és megakadályozza az árvíz menetesített

oldalra történő bejutását. Az árvíz levonulásával, illetve a terhelő árvízszint csökkenésével a falelem szintén önműködően visszasüllyed a terepszint alá. A korszerű, csaknem 20 éve eredményesen működő szerkezet legfőbb előnyeiként említhető, hogy automata, emberi erőt nem igénylő módon, időelőny szükségessége nélkül működtethető, árvízmentes időszakban nem igényel külön tárolást, nincs releváns területkorlátozó vagy vizuális hatása a felszínen, valamint, hogy korlátlan hosszúságú nyomvonalon, megbízható működés mellett alkalmazható. [106] Hátránya a magas beszerzési és kiépítési költség, azonban gazdaságosan alkalmazható nagyméretű kritikus infrastruktúrák, illetve létfontosságú rendszerelemek esetén periméter-védelemre is.

Az önvédelmi célú ideiglenes védekezés eszközeként, alacsony anyagi ráfordítás mellett is kiválóan alkalmazható alternatíva lehet a 27. sz. ábrán vázolt árvízvédelmi mobil elem, amely az önműködő árvízvédelmi falhoz hasonlóan az árvízszint emelkedésével történő önfeltöltődéssel biztosítja a hidrosztatikai terheknek való ellenállást. A vízzáró polietilén és poliészter alapanyagú műanyag konténergát-elemek nagy előnye a gyors, kézi erővel történő, szerszámokat nem igénylő összeszerelhetőség, az újrahasznosíthatóság, valamint, hogy a kapcsoló elemeknek köszönhetően könnyen hozzáilleszthető épületekhez vagy egyéb védművekhez. Sokoldalúsága, költséghatékonysága, valamint magas fokú mobilitása miatt, a homokzsákok hatékony alternatívájaként is alkalmazhatóak. Hátránya, hogy fix gyártási méretei miatt csak korlátozott vízoszlop magasságig (általában 90 cm) tud védelmet biztosítani. [107]

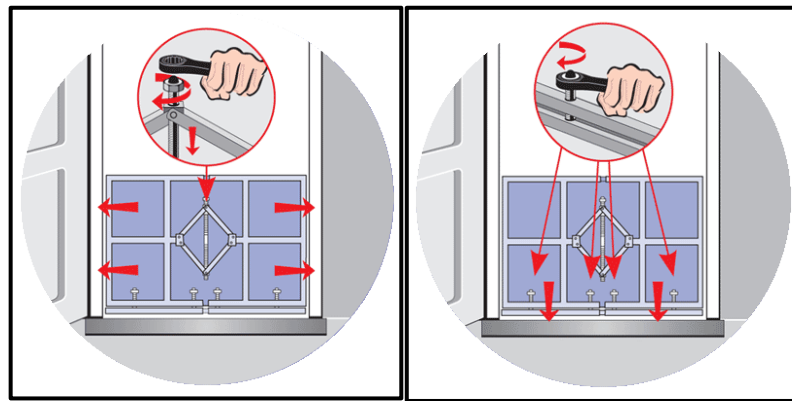


27. sz. ábra: Önfeltöltő mobil elemes árvízvédelmi gát  
Forrás: *Flooding solutions* [108], Készítette: ismeretlen



### ***Bejáratok védelme mobil szerkezeti elemmel***

Az árvizek jellemzően a külső bejárati ajtókon, illetve kapukon keresztül találják meg a legegyszerűbb útját a beltéri helységek elárasztására. Ennek kiküszöbölésére, illetve megelőzésére került kifejlesztésre az alábbi szerkezeti vázlaton látható (28. sz. ábra), átmeneti funkciót ellátó mobil árvízvédelmi szerkezet, amely hátsó acél merevítése állítható, ezért az eszköz könnyedén, szerelés nélkül a különböző ajtó méretekhez teleszkópikusan kalibrálható. A vízoldal felüli, szivárgásmentes védelmet a kb. 7-10 mm vastag neoprén borítás biztosítja. Kiegészítésként lehorgonyozható merevítő oszlopok segítségével több táblaszegmens is összeilleszthető, ezáltal akár nagyobb keresztmetszeten nyitott felületek (pl. kirakatok, garázkapuk stb.) ellenálló árvízmentesítése is megvalósítható. [109]



28. sz. ábra: szegmenstáblás mobil szerkezeti védelem bejáratok védelmére  
*Forrás: Floodgate [110], Készítette: nem ismert*

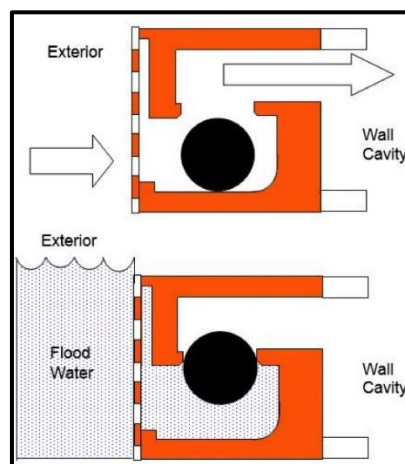
A szerkezet legfontosabb előnyei az alábbiak:

- könnyű és gyors telepíthetőség,
- a bejárati ajtók, illetve kapuk különböző méreteihez illeszthető,
- nem igényel fix telepítésű rögzítő elemeket,
- könnyű tárolhatóság,
- többször újrafelhasználható és
- az egyes szegmenstáblák összekapcsolásával nagy keresztmetszetben nyitott felületek védelmére és alkalmazható.

### ***Vizgátló szellőztetőtégla***

A fa padlózattal ellátott épületek alsó szintjének padló alatti légventillációját biztosító szellőző téglák szintén jelentős sebezhető pontjai az épületeknek árvizek idején,

amelynek szivárgásmentes zárása külső felületvédelmi eszközökkel nehezen megvalósítható. A megelőzés egyik újszerű megoldása az úgynevezett intelligens szellőztetőglák beépítése, amelyek az alábbi keresztmetszeti ábrán (29. sz. ábra) vázoltak szerint, a víz befolyásakor egy felúszó szeleppel elzárja a víz átfolyási útját. Árvízmentes időszakban a szerkezet biztosítja a szükséges légáramlást. Tekintettel arra, hogy az intelligens szellőztetőglák önműködő elven látják el feladatukat, működésük nem igényel előrejelzéseket, vagy előzetes aktiváló beavatkozásokat, és egyaránt hatékonyan funkcionál hirtelen kialakulású árvizek és más árvizek esetén is az épületbe beáramló víz megakadályozása céljából.



29. sz. ábra: Belső szeleppel ellátott intelligens szellőző téglák szerkezeti vázlata (keresztmetszet)

*Forrás: The UK Flood Defence Alliance [111], Készítette: nem ismeret*

### **A csapadékvíz felszín alatti átmeneti tározása**

A csapadékvizek hirtelen felgyülemeléséből eredő helyi vízkár-kockázatok megelőzésére – a vízelvezetési kapacitás helyi korlátozottsága, vagy hiánya okán – Magyarországon is elterjedt technológia, és számos magántulajdonú lakóház, vagy kereskedelmi, illetve ipari létesítmény esetén kerültek kialakításra földalatti tartályok, amelyek az esővíz irányított elvezetése mellett, annak hasznosítására is alkalmasak.

A saját célú, kisebb kapacitású (általában 1-8 m<sup>3</sup>) földalatti gyűjtőegységek esővíz-tartályok, vagy esővíz szikkasztók lehetnek. A tartályok lehetőséget adnak az összegyűjtött esővíz megfelelő szűrő berendezések beépítésével történő hasznosítására is. A rendszer elemeit képezik a túlfolyóval ellátott tartály, illetve ciszterna, elnyelő és befogadó nyílások, a csővezetékek, az összegyűlt víz továbbítására szolgáló szivattyú(k), a vezérlő és védő egységek, valamint a mechanikus szűrőberendezések. A csapadékvíz

felhasználása esetén a víz összegyűjtése közvetlenül az ereszcatornákból történhet, a talajról való közvetlen vízbeeresztés a szerves és szervesetlen anyagokkal történő szennyeződés miatt nem, vagy csak korlátozottan megvalósítható. (Az esővizek hasznosítására a német DIN/1989/1-12 szabvány és a hazai szabályozásba bevezetett MSZ EN 1717:2001 előírásai mérvadóak.) [112; 4. o.]

A fentiekben bemutatott, az árvízkarok helyi megelőzését célzó önvédelmi műszaki megoldások működési alapelveinek, illetve korszerű technológiáinak elterjesztésével és továbbfejlesztésével a hagyományos módszereknél hatékonyabb alternatívákat jelenhetnek meg. Az önvédelem technológiai spektrumának kiszélesítésével és továbbfejlesztésével a regionális árvízvédelem eredményességének és költséghatékonyságának növelése is jelentős mértékben elősegíthető. Természetesen, az épületeken számos olyan árvizek által sebezhető pontjai lehetnek, amelyekre a felsorolt technológiákon alapuló megoldások önmagukban nem jelentenek megfelelő védelmet (pl. külső rések szigetelése, csövek csatlakozásainak megerősítése, a visszaduzzasztásból eredő beltéri vízfeláramlások megakadályozása stb.). A tudatos vízkár-megelőző szemléletű tervezéssel és kivitelezéssel pedig az innovatív megoldások olyan kiegészítésként szolgálnak, amely által a biztonsági szint jelentősen megnövelhető. Az Elba 2002-es árvízi elemzéséről szóló német tanulmány is rámutatott arra, hogy a lakosság megelőző óvintézkedések megtételére való készítésének elengedhetetlen feltétele az árvízi kockázatról, valamint a preventív megoldások alternatíváiról, költségéről és hatékonyságukról való megfelelő tájékoztatás. Mindez megerősíti, hogy a preventív szemléletű öngondoskodásra építő árvízvédelmi stratégiák elkerülhetetlen részét kell, hogy képezze a lakosságtájékoztatás módjának és eszközeinek meghatározása is. [113; 118. o.]

## **2.6. A nyomvonalas árvízmentesítési létesítmények hatékonyságának növelése**

A hosszú távon hatékony, illetve fenntartható árvízmentesítés feltételeinek megteremtése részeként a komplex szemléletű kockázatkezelés, valamint az innovatív szerkezeti megoldások alkalmazása mellett, fontos szempont a már meglévő létesítmények és technológiák fejlesztése is. Az árvízmentesítés keretében alkalmazott megelőző szerkezeti megoldások elemző tárgyalásánál egyaránt kockázati tényezőként merültek fel a nyomvonalas létesítmények mélyépítésű elemeinek talajszerkezetre, illetve talajvíz-háztartásra gyakorolt hatásai. A létesítmények mélyépítésű elemeinek megvalósítása nagyban determinálja a megelőzés sikerességét, valamint a környezetre és

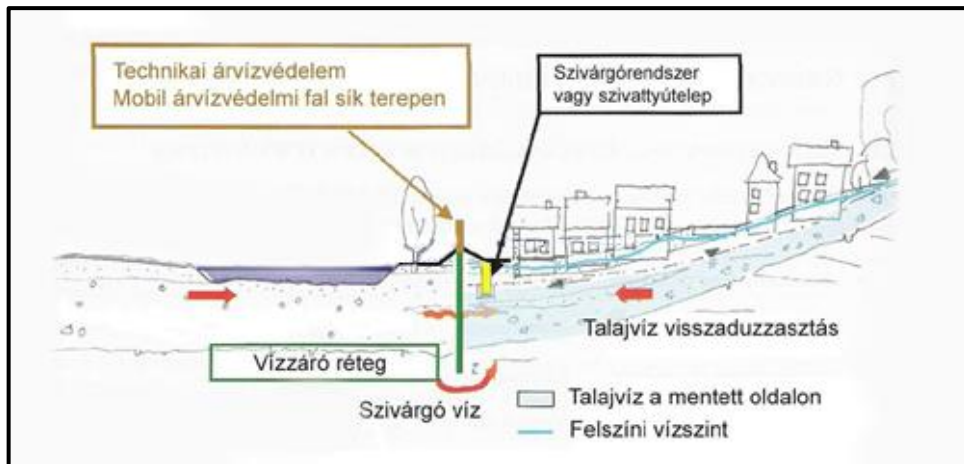
ökoszisztémára gyakorolt hatásokat. A nyomvonalas árvízmentesítési létesítmények esetén a (talp)szivárgások, fakadóvizek, valamint állékonysági problémák megelőzésére a gyakorlatban elterjedt beavatkozások között említhető az agyagfog vagy nyomópadka kiépítés, agyagpaplanozás, résfalazás, szádfalazás és szivárgó rendszerek kiépítése. Mindezen elemek legfontosabb funkciója a vízzárás biztosítása, valamint a szivárgó vizek irányított elvezetése a fakadó vizek kialakulásának és földmű esetén a töltéstest átázásának megelőzése érdekében.

Ezzel összefüggésben a 83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet 1. § értelmező rendelkezése a fakadó vizes területeket a következőképpen definiálja: „*az árvízvédelmi töltés mentett oldalán lévő, olyan mély fekvésű területek, amelyeken az árvízi víznyomás hatására szivárgó víz jut a felszínre és különböző nagyságú és időtartamú vízborítást okoz.* [114; 1. § 1. pont] Az értelmezésben a töltések mellett, a meghatározás vonatkozhat az árvízvédelmi falakra is.

A magyarországi nyomvonalas árvízvédelmi létesítmények kiépítésére és megerősítésére irányuló beruházások előzetes talajmechanikai vizsgálatai is rámutattak arra, hogy a mélyépítésű, vízzáró elemek altalaji vízáramlásra gyakorolt hatásai nagyban determinálják a létesítmények hatékonyságát. A mélyépítésű vízzáró falak hatásainak (szivárgás) modellezése elsősorban annak vizsgálatára terjed ki, hogy a mentett oldalon a visszaduzzasztás hatására megjelenik-e a talajvíz fakadóvíz formájában, [17; 4-5. o.] de a földtöltések esetén az árhullámok következtében a vízoldalról a töltéstestbe szivárgó víz útjának elemzését is szolgálják. Mindez nagyon fontos a mentett oldali területeken a talajfolyósodás esetén bekövetkező károk elkerülése, valamint a védművek állékonysági problémái, illetve a mentett oldalon tapasztalható káros árvízi jelenségek megelőzése érdekében.

A vízzáró, szivárgás gátló alépítmények esetleges visszaduzzasztó hatása különösen jelentős problémát jelenthet a belterületeken létesített mobil árvízvédelmi falszerkezetek esetén a felszínen található épületek, illetve objektumok közvetlen érintettsége miatt. A visszaduzzasztás negatív hatásai ezen esetben közvetlenül fejtik ki hatásukat a mentett oldalon létesített vagyonelemekre.

A mobil árvízvédelmi falak esetén a talajvíz visszaduzzasztódás folyamatát, illetve az ebből eredő problémákat az alábbi ábra jól demonstrálja (31. sz. ábra).



31. sz. ábra: A mobil árvízvédelmi falak vízzáró alépítményeinek talajvízáramlásra gyakorolt hatása.

*Forrás: [115; 43. o.] Készítette: ERBO-PLAN Kft., Szerkesztette: a szerző*

A víz visszaduzzasztásának jelensége következményeként a talaj nagymértékű telítődése a belvizek kialakulását és a talaj megcsúszását idézheti elő, amellett, hogy a talajvíznyomás fokozott hidrosztatikai terhet is jelent az érintett építmények terepszint alá épített épületszerkezeti elemeire. Mindezek által, egy adott területen a talajvizek áramlási útjának lezárásával egy esetleges árvíz, vagy heves csapadékhullás esetén jelentős épületkárok jelentkezhetnek. A belvizek mentett oldalon való kialakulásának, illetve a visszaduzzasztás oka, hogy a műtárgy felszín alatti elemei megakadályozzák az ármentesített területen belül keletkezett és a folyó felé törekvő vizek szabad áramlását, illetve lefolyását. [116; 9-10. o.]

A visszaduzzasztás és az abból eredő káros következmények kérdéskörével a Római-parti árvízvédelmi műre vonatkozó geotechnikai szakértői vélemény is foglalkozott, miszerint jelentősebb visszaduzzasztás a vízáteresztő talajréteg keresztmetszetének 90%-át meghaladó mértékű lezárása esetén prognosztizálható, azonban a tervezett létesítmény vonatkozásában elvégzett talajvizsgálatok is rámutattak arra, hogy a szivárgási viszonyok, és a szerkezeti kialakítás tervezési szakaszonként eltérő. A vizsgálat emellett hangsúlyozza, hogy a műszaki kiviteli tervekben foglalt megvalósítását nagyban befolyásolhatják a talajmechanikai feltárások eredményei. [117; 13. o.]

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnikai Tanszékének szakértői a vízzáró fal keresztmetszeti lezárásnak mértékére vonatkozó felvetést a Szentendrén megvalósult mobil árvízvédelmi fal vonatkozásában végzett vizsgálatok

eredményeire alapozták. Dr. Mahler András és Dr. Nagy László a Szentendrén megvalósult mobil árvízvédelmi fal vízzáró falként funkcionáló mélyépítésű elemeinek vizsgálatára végzett, szimuláción alapuló modellezésében megállapította, hogy a felszínre tervezett árvízmentesítési létesítmény nyomvonalába eső vízáteresztő talajréteg keresztmetszetének 90 %-os lezárásával a mentett oldali talajvízszint csekély mértékben változik, vagyis jelentős visszaduzzasztással nem kell számolni. Vizsgálatuk eredményét azzal indokolták, hogy a kontinuitás elvén alapulva a lezárás által szabadon hagyott szűk keresztmetszeten keresztül a szivárgó víz nagyobb sebességgel áramlik, ami alapján a visszaduzzasztás elkerülhető a vízzáró réteg feletti keresztmetszet 8 %-ának szabadon hagyásával. [17; 5-6. o.] Tekintettel azonban arra, hogy a talajvízháztartás, illetve a talajvizek áramlásának karakterisztikája elsősorban helyi viszonyok és adottságok (nyomásviszonyok, csapadék, hőmérséklet, domborzat, talajszerkezet, mesterséges beavatkozások stb.) függvénye, a különböző helyszínekre, más-más körülmények figyelembevételével tervezett nyomvonalas védművek esetén a vízzáró alépítmények talajvízháztartásra gyakorolt hatásai is jelentősen eltérhetnek. A megvalósíthatóság körülményeit mindig az adott helyszínrre végzett egyedi elemzések és vizsgálatok határozhatják meg.

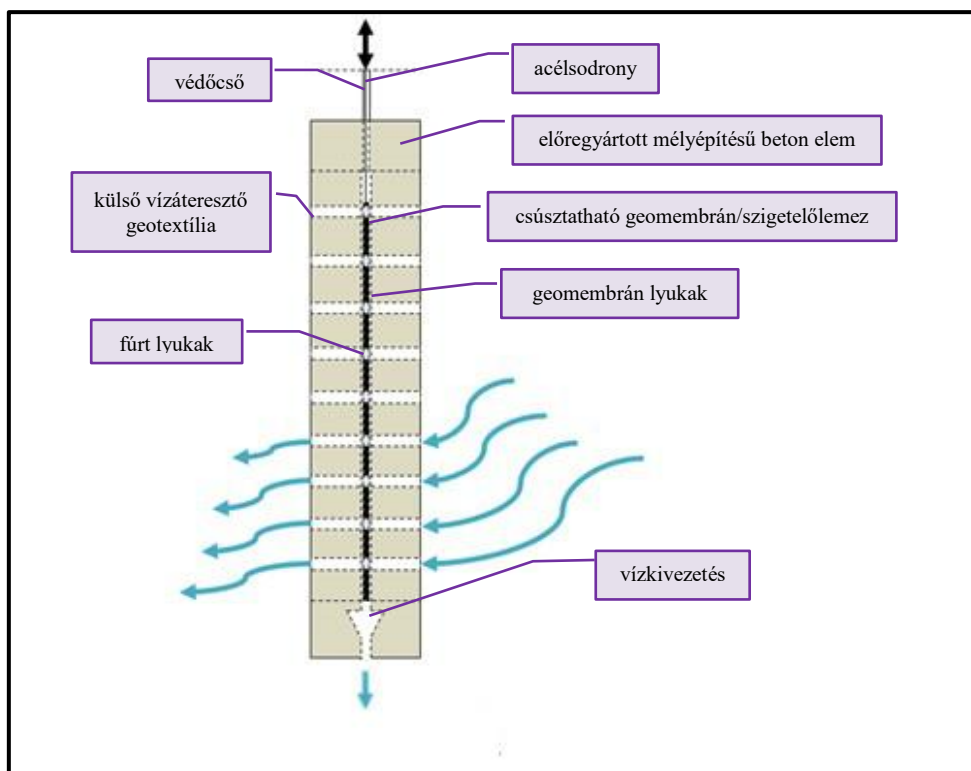
A fentiek mellett, az érintett tervezési szakaszokon vizsgált visszaduzzasztás mértékének számításakor fontos figyelembe venni az alábbiakat:

- az árvízmentesített terület középvízi medertől való távolsága,
- a talaj rétegzettsége, összetétele és vízáteresztő képessége és
- a mentett oldal irányából áramló várható talajvízhozam időszakonként. [118; 10-11. o.]

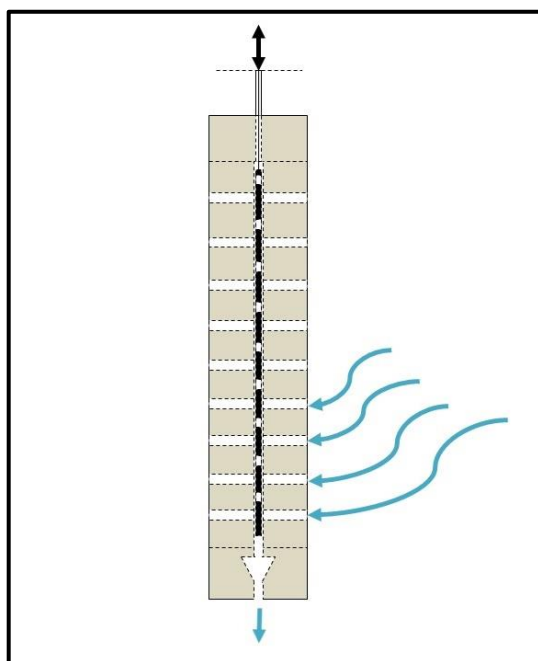
Mindezek ismeretében a fakadóvizek, és a föld alapanyagú létesítmények állékonysági problémáinak megelőzését célzó, felszín alatti mesterséges vízzárás által előidézett mentett oldali talajvíz visszaduzzasztás felveti a kérdést, hogy a víztöbblet talajban történő, káros következményekkel járó felgyülemzése megelőzhető-e a vízzáró falas műszaki megoldás más alternatíváival, vagy funkcionális helyettesítésével. Ennek vizsgálata különösen fontos eredményeket hozhat az árvízvédelmi falak, illetve mobil szerkezeti árvízvédelmi falak alkalmazásával kapcsolatos kockázatok csökkentésében és hatékonyság növelésében, valamint azon földművek esetén, amelyek keresztmetszeti kialakítása vagy egyéb adottságai megfelelő szivárgó rendszerek beépítését nem teszik lehetővé.

Megállapításom szerint az árhullámok során szükséges vízzáró funkció és a talajvizek levonásának együttes biztosítása helyenként aktív, mechanikus elven működő megoldásokat igényel, azonban a földfelszín alatti viszonyoknak (alacsony hőmérséklet, nedvesség, talajvíznyomás) való ellenálló képesség és az esetleges meghibásodások esetén a nehéz hozzáférhetőség körülményessé teszi ezeknek a módszereknek a megbízható alkalmazását, illetve elterjedését. Az ilyen létesítményeknél ezért a hosszú távú működés érdekében elsődleges szempont a megfelelő anyagmegválasztás és az egyszerű, „elromolhatatlan” műszaki konstrukciók alkalmazása. A kivitelezés szempontjából pedig a klasszikus armatúrás, önszilárduló résfalazási technológiával szemben a szerkezeti kialakítás előregyártott, síktáblás formában történő beépítést igényel.

Az alábbi ábrákon (32. és 33. sz. ábra) javasolt csúsztatható szigetelőlemezes előregyártott vasbeton vízzáró fal véleményem szerint jobban megfelel a kettős funkció mellett (zárt állapotban meggátolja a felszín alatti vizek átjutását, nyitott állapotban pedig a rendszer permeabilis) a megbízhatósági követelményeknek is. Működésének alapelve, hogy az előregyártott vasbeton szegmenstáblák belsejében kialakított résben polietilén geomembrán van elhelyezve, amelyet védőcsőben vezetett rozsdamentes acélsodrony mentén történő felszíni, 2 fázisú mozgatásával nyitott, illetve zárt állapotba lehet helyezni. A vertikális irányú mozgatás történhet motoros, vagy hidraulikus megoldással is, illetve a tömegétől és súrlódási együtthatótól függően, akár kézi erővel vezérelt mechanikus úton is. A víz átfolyását a geomembrán szigetelőlemezen elhelyezett kb. 10-15 cm-es átmérőjű lyukak és a betonfalba fúrt, azonos átmérőjű nyílások együttes állása teszi lehetővé. A résiszap, a föld és különböző szennyeződések bekerüléséből adódó eltömítődések megelőzésére a síktábla külső felületét vízáteresztő geotextíliával szükséges bevonni, a belső résbe szivárgott szennyeződések és víz elvezetésére pedig a rendszer alsó felületén gravitációs vízkivezetést célszerű kialakítani, amelyből a felgyülemlett víz akár egy szivárgó rendszeren, vagy szikkasztón keresztül eltávolítható. A létesítmény nyitó-záró mechanizmusára és az eltömítődés megelőzésére való tekintettel kiemelten fontos a magas gyártási pontosság. [116; 13-14. o.]



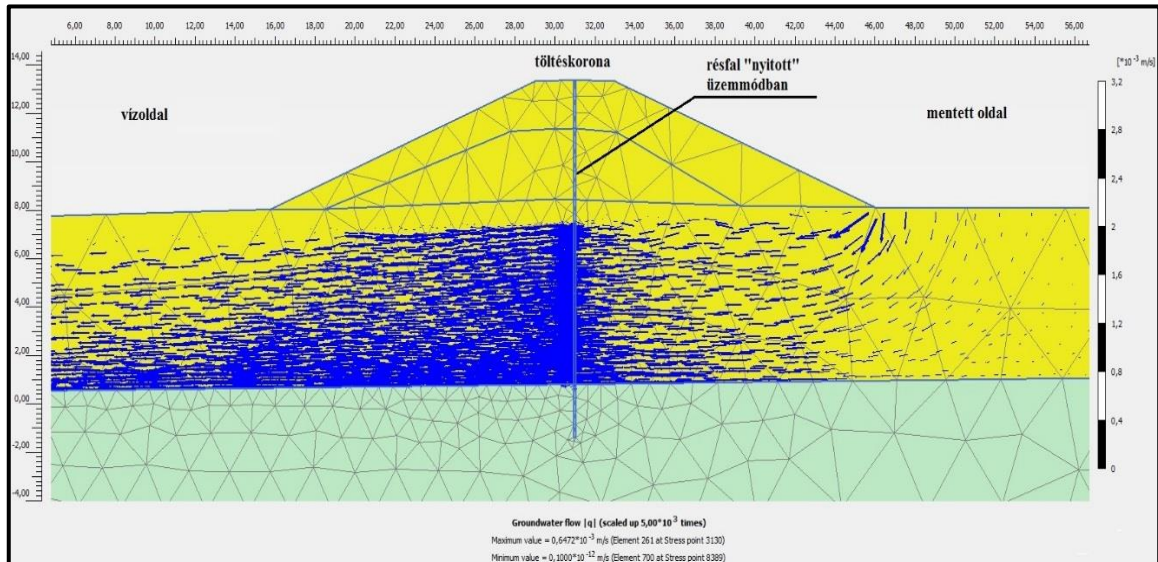
32. sz. ábra: Csúsztatható szigetelőlemezű előregyártott aktív vízzáró fal  
 NYITOTT állapotban  
*Készítette: a szerző*



33. sz. ábra: Csúsztatható szigetelőlemezű előregyártott aktív vízzáró fal ZÁRT  
 állapotban  
*Készítette: a szerző*



A szerkezet lényege tehát, hogy árvízmentes időszakban a vízáteresztő képessége révén nem gátolja meg a vízoldal irányába történő talajvízáramlást, amelyet a Plaxis 2D geotechnikai szoftverrel készített áramlási modell is alátámaszt (34. sz. ábra).<sup>9</sup>

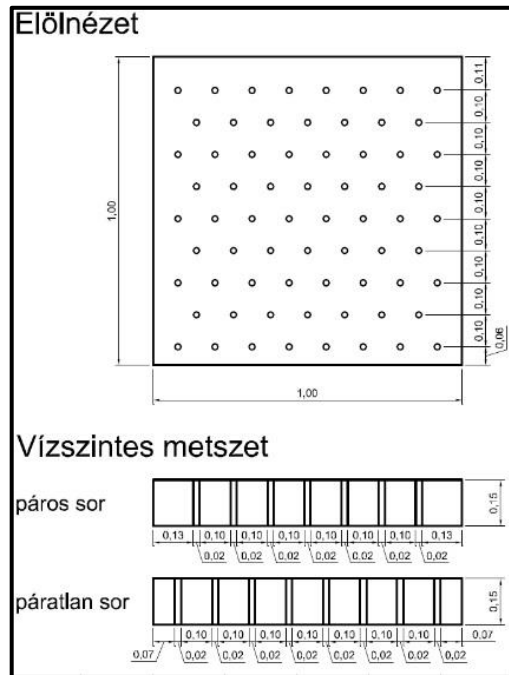


34. sz. ábra: Talajvíz áramlásának modellezése árvízmentes időszakban, az aktív vízzáró fal nyitott állapotánál *Készítette: a szerző és Ábrahám László*

A modell készítése során egy hagyományos, a mentett és vízoldalon egyaránt 1:3 rézsúhajlású, padka nélküli földtöltés keresztmetszélyt vettünk alapul. A mintaterület megválasztásánál pedig a Duna partszakaszára jellemző, kavicsos-homokos talajt, illetve sovány agyagos altalajt vettünk fel. A számítások eredménye egyaránt megállja helyét árvízvédelmi falak, illetve teherhordó résfalak esetén is. Tekintve, hogy a szoftver nem tette lehetővé a speciális, lyukacsos átteresztő fal beállítását, ezért a nyitott állapotra a falat talajösszetevőkből modelleztük le annak érdekében, hogy vízáteresztő tulajdonságát tudjuk vizsgálni. A fenti ábrán a talajvíz áramlását jelölő nyilak nagysága vektormennyiségként ábrázolva az áramlás irányát, illetve sebességének nagyságát fejezik ki, a résfal működését a töltéskoronától a vízzáró rétegig való 100 %-os lezárás mellett vizsgáltuk. A modellen jól látható módon, nyitott állapotban a vízoldal irányába történő vízáteresztés megvalósul, de a mentett oldali visszaduzzasztás mértéke minimális. A fentiek számítással is igazoltam. Az egyes lyukak vízáteresztő tényezőjét egy 1 m x 1 m-es résfal minta-keresztmetszeten, Ábrahám László javaslatára az alábbi

<sup>9</sup>A modell elkészítésében szoftveres segítséget nyújtott Ábrahám László, a BME geotechnikai szakán végzett okleveles mérnök.

furatelrendezés szerint vizsgáltam meg (35. sz. ábra), annak figyelembevételével, hogy a víznyomás függvényében a vízáteresztés változik.



35. sz. ábra: Vízáró fal minta-keresztmetszet a furatok áteresztő képességének számítására  
Készítette: a szerző és Ábrahám László

Az áteresztő nyomás alatti vízáteresztését Bernoulli egyenletből kiszámoltam az egyes lyukakra  $[Q/\text{lyuk}]$ , majd mind a 9 sorra összegezve kiadta a vizsgált keresztmetszvény (1  $\text{m}^2$ ) teljes áteresztő tényezőjét  $[Q_{\text{össz}}]$  – az érdességi tényezőt  $[k]$  is figyelembe véve – az alábbi metodika szerint:

|        | lyuk száma | $\Delta h$ | $Q/\text{lyuk}$ | $Q/\text{sor}=(\text{lyukak száma})*(Q/\text{lyuk})$ |
|--------|------------|------------|-----------------|--|
| 1. sor | 8 db       | 0.11 m     | 2.34E-04        | 1.87E-03   |
| 2. sor | 7 db       | 0.21 m     | 3.27E-04        | 2.29E-03   |
| 3. sor | 8 db       | 0.32 m     | 3.99E-04        | 3.19E-03   |
| 4. sor | 7 db       | 0.42 m     | 4.60E-04        | 3.22E-03   |
| 5. sor | 8 db       | 0.52 m     | 5.13E-04        | 4.11E-03   |
| 6. sor | 7 db       | 0.63 m     | 5.62E-04        | 3.93E-03   |
| 7. sor | 8 db       | 0.73 m     | 6.06E-04        | 4.85E-03   |
| 8. sor | 7 db       | 0.84 m     | 6.48E-04        | 4.54E-03   |
| 9. sor | 8 db       | 0.94 m     | 6.87E-04        | 5.50E-03   |
|        |            |            | <b>Qössz=</b>   | <b>3.35E-02</b>                                      |

*Bernoulli egyenlete:*

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + h_v$$

amelyből a vízhozam és a nyomáskülönbség közti összefüggés az alábbi képlettel számítható:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

ahol:

A=0,00031415 m (áteresz területe);

$\mu$ =be és kilépési veszteség értéke alapján számítható a hidraulikai sugár (R=0,005 m) függvényében;

$\lambda$ =0 (csőúrlódási tényező, nem vettem figyelembe).

A fentiek szerinti számítás alapján megállapítottam, hogy egyrészt az aktív elven működő szerkezet teljes áteresztőképessége  $k=1$  mm érdességi tényezővel számolva  $3,35 \cdot 10^{-2}$  m/s, másrészt a lyukakra egyenként számolt Q értékek [Q/lyuk] alapján **igazolódott**, hogy az alsó szekciójában sűrűbben kialakított furatok elősegítik a víz nagyobb mértékű átáramlását. A szimuláció eredményei földtöltések esetén egyaránt felhasználhatóak a koronaél függőleges síkjában, és a töltéslábnál elhelyezett résfalak alternatívájaként is.

A fenti működési elv szerint bemutatott konstrukció amellet, hogy esetenként elősegítheti a meglévő nyomvonalas árvízvédelmi létesítmények hatékonyságát, megelőzve a káros árvízi és belvízi jelenségek kialakulását, jelentős hatással bírhat az a sűrűn beépített belterületi övezetekben tervezett árvízvédelmi falak létesítésével kapcsolatos kockázatok csökkentése terén is. Mint már említettem, a szerkezet összetettsége, illetve vízáteresztő funkciója miatt, az előregyártott szegmenstáblák beépítése hagyományos réselési eljárással nem valósítható meg. A kivitelezés módját a technológiai sajátosságok mellett a talajadottságok is nagyban determinálják, ezért a bemutatott létesítmény megvalósíthatóságát az értekezésben általános szempontok alapján lehet körüljárni. Mindez alapján a szerkezet kiépítését az alábbi főbb lépések szerinti eljárás alapján javaslom:

- függőleges munkaárok kialakítása (beomlás ellen részvezető gerenda kialakításával),

- a munkaárok falának megtámasztása lemezveréssel (pl. acél szádlemezekkel),
- az előregyártott vasbeton szegmenstáblák beengedése,
- a támasztó lemez és szegmenstábla közötti hézag kitöltése szemcsés talajjal (folyamatos tömörítés mellett), vagy kavicszal a megfelelő nyomószilárdság és vízáteresztés egyidejű biztosítása érdekében,
- a támasztó lemezek eltávolítása, majd
- az egyes szegmenstáblák vízzáró csatlakozása utólagos kötőanyag injektálással történhet.

Az előregyártott vasbeton résfalakhoz hasonlóan a szegmenstáblák egyenként kb. 40-80 cm vastagságúak és kb. 5 méter hosszúságúak lehetnek, méretezésük a mechanikai igénybevételek mellett a talajvíz hidrosztatikai nyomása alapján történhet. A méretezésnél figyelembe kell venni továbbá a betonelem oldalának adott esetben a talajvíz nyomásából eredő deformációját, ami a membrán lemez szorulását idézheti elő. Ennek kiküszöbölésére a résbe beépített kisméretű görgőkkel a membránlemez akadálymentes mozgatása biztosítható, azonban a görgők meghibásodásából eredő problémák miatt jobb megoldás a nyomás résbe történő víz beengedésével való kiegyenlítése.

A folyóinkon kialakuló árvizekkel kapcsolatban az árvízmentesítési létesítmények vizsgálatát követően a hazánkban is egyre jelentősebb károkat és zavarokat okozó, hirtelen kialakulású árvizekkel kapcsolatos kármegelőzés innovatív szemléletű tárgyalására kerül sor.

## **2.7. A hirtelen kialakulású árvizek kártételeinek jellemzői és megelőzése**

A globális klímaváltozás, illetve a fokozódó meteorológiai szélsőségek következményeként az elmúlt években növekvő gyakorisággal előforduló rövid lefolyású, nagy intenzitású csapadékhullás miatt, az árvizek és belvizek mellett, a hirtelen kialakulású árvizek, az úgynevezett villám- és városi árvizek is fokozódó kockázatot jelentenek. Az angolszász szóhasználatban „flash floods”-ként elterjedt villámárvizek, valamint „urban floods”-ként nevezett városi árvizek kártételei különösen nagy problémát jelentenek a nagyvárosokban, illetve más sűrűn beépített településeken, mivel általánosságban elmondható, hogy az évtizedekkel korábban megtervezett és kiépített hagyományos vízvezető rendszerek kapacitása, illetve befogadó képessége nem

elegendő a rövid időn belül leömlő és felgyülemelő nagy mennyiségű csapadékvíz szabályozott elvezetésére.

### 2.7.1. A hirtelen kialakulású árvizek jellemzői

Az árvizek kialakulását egyaránt meghatározzák a meteorológiai és hidrológiai jelenségek és tényezők, az adott terület, illetve vízgyűjtő terület domborzati adottságai, valamint a medrek állapota és a lefolyási viszonyok. Mint ismert, a vízfolyásokon jelentkező, jelentős vízhozam-növekedés, illetve az árvizek kialakulása alapvetően nagy intenzitású és gyors lefolyású, valamint hosszú időtartamú csapadékhullással és hirtelen hóolvadással köthető össze. A hirtelen kialakulású árvizeket elsősorban a gyors lefolyású, heves esőzések idézik elő. Típusait tekintve megkülönböztetünk:

- villámárvizeket és
- városi árvizeket.

A *villámárvíz*, mint fogalom mindössze néhány éves múltra tekint vissza, bár megjegyzendő, hogy Magyarországon a jelenségnek általánosan elfogadott megnevezése nincs, illetve a vonatkozó jogszabályokban és rendeletekben sincs nevesítve. Az első jelentős hazai kutatások a Pécsi Tudományegyetem oktatóihoz, illetve kutatóihoz köthetőek, akik egyaránt foglalkoztak a villámárvizek előrejelzésével, illetve kialakulásuk modellezésével is.

A Nemzeti Katasztrófa Kockázat Értékelésben (2011), valamint az azt továbbgondoló, uniós források lehívásához szükséges Nemzeti Katasztrófakockázat-értékelési Jelentésben (2014) [119] is külön kockázati forgatókönyvek kerültek meghatározásra a villámárvizek vonatkozásában, a megfogalmazott definíció szerint a villámárvíz *„nagy mennyiségű lokális csapadék rövid idő alatti lehullása következtében medriükből kilépő kisvízfolyások. A rövid idő alatt lehulló nagy intenzitású csapadék nagyobb, mint a talaj vízvezető képessége, így a felszínen gyorsan megjelenik a lefolyás, és az hirtelen eljut a befogadóba, településre.”* [120] A dokumentum megemlíti továbbá, hogy a jelenség kialakulásánál a csapadék mellett jelentős szereppel bír a domborzat, a felszínborítás, valamint a földhasználat típusa és paraméterei is.

A hangsúly tehát a rövid időn belül lehulló nagy mennyiségű esőn van. A villámárvizek esetén kiöntött kisvízfolyások vízhozama akár több százszor is meghaladhatja a normál kisvízi vízhozamot (PTE). A jelenség időtartamának vonatkozásában nincs nemzetközileg egységes intervallum determinálva, a Pécsi Tudományegyetem kutatói a villámárvizek összegyűlési idejét fél órától 6 óráig teszik, a

nemzetközi szakirodalomban azonban különböző periódusok szerepelnek, az Egyesült Királyságban 5-10 km<sup>2</sup>-es területen legfeljebb 3 óra alatt összegyűlő vízmennyiséget jelent, míg az USA-ban 400 km<sup>2</sup>-en 6 óra alatt felgyülemelő víztöbblet lett meghatározva. [121; 3. o.]

Hazánk villámárvizek által legveszélyeztetettebb területei – az ország domborzati és vízrajzi adottságaival összefüggésben – az Északi-középhegységben, a Dunántúli-középhegységben, a Dunántúli-dombságban és az Alpokalja nyugati peremén találhatóak. [120; 12. o.]

A *városi árvizek* megelőzésével, illetve a települési csapadékvíz-elhelyezéssel kapcsolatos kutatások terén a hazai szakirodalomban Gayer József és Ligetvári Ferenc munkássága mértékadó. A városi árvizek keletkezése – a villámárvizekhez hasonlóan – szintén az intenzív csapadékhulláshoz köthető. A települések belterületein jelentkező lefolyást a víztömegek felgyülemelését elősegítő mesterséges, vízzáró felszínek, valamint a vízelvezető hálózatok befogadóképességének és levezető kapacitásának telítődése idézi elő. A városi árvizek különösen nagy kockázatot jelentenek a monszunok által időszakosan sújtott területeken, például Délkelet-Ázsiában, de számos esetben regisztráltak Magyarországon is (példaként említhető a 2015. augusztusi budapesti özönvíz, amely jelentős anyagi károkat okozott a fővárosban).

A fentiek alapján megállapítottam, hogy mind a hazánkban előforduló villámárvizekre és városi árvizekre elmondhatóak az alábbi jellemzők:

- időben gyors lefolyásúak,
- kiszámíthatatlan, vagy nehezen prognosztizálható szélsőséges mértékű csapadékhullás következményei,
- kialakulásuk függ a domborzati viszonyoktól, a talaj és felszín fizikai jellemzőitől és a beépítettségtől,
- a hirtelen kialakulás miatt, előrejelzésük rendkívül nehéz, mivel csak valós idejű módszerekkel, illetve hidrológiai modellezéssel valósítható meg (C.G. Collier, 2007, [121]),
- a védekezés lehetőségei erősen korlátozottak, ezért a kártételek leginkább megelőzéssel háríthatóak el és

- a folyami árvizek által nem, vagy csak alacsony mértékben veszélyeztetett területeken is kialakulhatnak (jellemzően a mély fekvésű urbanizált területek ideális feltételeket biztosítanak a hirtelen keletkező árvizek kialakulásához).

### **2.7.2. A hirtelen kialakulású árvizek keletkezésének okai**

A Pécsi Tudományegyetemen végzett kutatások is rámutattak arra, hogy a globális éghajlatváltozással összefüggésben kimutatható a hegy- és dombvidékeken, illetve városokban kialakuló intenzív csapadékmennyiségek és gyors keletkezésű árvizek gyakoriságának növekedése. [23] Emellett számos további kutatás alátámasztotta, hogy a heves zivatarokkal járó viharok kialakulása szoros kapcsolatban van a globális felmelegedéssel, mivel a vízpára mennyiségek növekedésén keresztül a felmelegedés további energiákkal táplálja a viharrendszereket, melyek ily módon erőteljesebb esőzésekkel járó meteorológiai jelenségek formájában mutatkoznak meg Magyarország, illetve a Kárpát-medence területén is. [122] A hazánkban előforduló gyors lefolyású, heves esőzések nagyrészt konvektív meteorológiai folyamatok következményei. Az országban viharok kíséretében kialakuló felhőszakadások gyakori kiváltó jelenségei a koncentrált, légköri feláramlások (konvekciók), amelyre jó példa a 2006. augusztus 20-án 5 emberéletet követelő budapesti vihar-katasztrófa is. A légköri konvekciók során a napsugárzás hatására felmelegedett földfelszínnek a magasabban levő levegőrétegnek való hűtődése révén jelentkező légköri felhajtóerő következtében a lehűlő levegő telítetté válik, és a gomolyfelhők kondenzációja megkezdődik. Ezen légköri folyamat gyakori jelensége a nyári hónapokban tapasztalható rövid lefolyású, intenzív csapadékhullás. A vertikális légáramlást kiválthatja még a légköri összeáramlás (konvergencia), ami a találkozó levegőtömegek sűrűségének és hőmérsékletének különbségéből eredően, szintén a melegebb levegő „kényszerített” feláramlását idéz elő. A konvektív viharok és csapadékok intenzitását növeli a vertikális „szélnyírás”, vagyis a szélesebbesség magasság függvényében való növekedése, amelynek további következménye lehet, hogy a meglévő viharfelhő feláramlási csatornájában létrejövő centrifugális erő hatására örvénylő zivatarfelhők (szupercellák), illetve tornádók keletkeznek. A szupercellák kísérő jelenségei a heves esőzések, jégesők, villámlások és nagy erejű szélrohamok, illetve légzuhatok. A 2006 augusztusában kialakult budapesti vihar-katasztrófa példája is bizonyítja, hogy a nagytérségi meteorológiai rendszerek és folyamatok mellett a konvekciók is jelentős viharokat és rövid lefolyású felhőszakadásokat idézhetnek elő a

Kárpát-medence széljárástól fokozottabban védett területein is, [123; 206-207. o.] amire fel kell készülnie a védelmi rendszernek és alakosságnak is.

### **2.7.3. A hirtelen kialakulású árvizek jellemző kártételei**

A villámárvizek és városi árvizek is jelentős lokális vízkárokat okozhatnak a lakott és mezőgazdasági területeken, de kártételeiknek különösen kedvező feltételeket biztosítanak a sűrűn beépített, városias települések. Az okozott károokra, illetve zavarokra a leggyakoribb példaként az alábbiak sorolhatóak fel:

- közlekedési útvonalak járhatatlanná válása,
- súlyos zavarok és akadályok a felszíni és felszín alatti tömegközlekedésben,
- aluljárók, pincék, felszín alatti létesítmények beázása,
- a szennyvízcsatornák kiöntéséből származó szennyezések,
- az ivóvízellátás és szennyvízelvezetés működésének akadályozása,
- szünetelő áramszolgáltatás,
- az utcákról nyíló létesítmények, gépjárművek elárasztása,
- környezeti károk keletkezése és
- épületkárok kialakulása.

A tapasztalatok, illetve tendenciák azt mutatják, hogy Magyarországon a villámárvizek, illetve városi árvizek során jelentkező vízkárok közvetlenül emberi életet is veszélyeztethetnek. Kétségtelen, hogy a nagy mennyiségű csapadékhullás által előidézett árvizek mértéke és gyakorisága nehezen összehasonlítható a monszunos ázsiai országokéval, azonban számos példa alátámasztja, hogy Magyarországon és más európai országokban is az urbanizált területeket sújtó felhőszakadások következtében kialakuló árvizek egyre nagyobb problémát jelentenek. Mindezt az elmúlt évek során regisztrált példák is megerősítik, elég csak a Budapesten 2014. július 10-én [124], 2015. június 9-én [125], 2015. augusztus 17-én [126], vagy 2017. május 23-án [128] keletkezett, komoly károkkal járó városi árvizekre gondolni.

### **2.7.4. A hirtelen kialakulású árvizek megelőzése tározó létesítményekkel**

Mind a nemzetközi és hazai példák, illetve a lakott településeken tapasztalt hirtelen kialakuló árvizek sajátosságai és kártételei bizonyítják azon állítást, miszerint a felgyülemlett csapadékvíz elleni hatékony védekezés lehetőségei nagymértékben behatároltak, és az elhárításra rendelt kapacitásokon jelentősen túlmutatnak, ezért az eredményes kármegelőzés tekintetében a mérleg nyelve egyértelműen a megelőzés felé



billen. A hatékony megelőzés elengedhetetlen részét képezik ugyanakkor a megfelelő méretezéssel és szerkezeti kialakítással kiépített vízvezető hálózatok is.

A települések csapadékvíz elvezetésének kérdéskörében alapvetően a XXI. század elején következett be szemléletváltás. A városi hidrológiai ciklus integrált részeként az új stratégia öt fő célterületet határozott meg:

1. a tetőző árvízhozamok mérséklése a városi lefolyások csökkentésével,
2. a városi vízgyűjtőkön a szennyeződések redukálása,
3. a csapadékvíz visszatartása és felhasználása,
4. a felszíni vizek városképbe történő beillesztése és
5. a vízvezető hálózati építések helyett, a vizek zöld területekre történő irányított kivezetése (költséghatékonysági szempontok). [134; 14. o.]

A településeket sújtó villám- és városi árvizek elleni prevenció is a káros víztöbblet visszatartása, illetve tározása felé „vette az irányt” az árvizekkel szembeni küzdelem nemzetközi frontján is. Mindennek célja az előtéssel veszélyeztetett területeken történő szétterülésének megakadályozása, illetve a helyi vízkárok kialakulásának megelőzése volt. A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény szerint a vízkár-elhárítási célú tározók alábbi típusait különböztetjük meg:

- záportározó,
- árvízcsúcs-csökkentő tározó,
- szükségtározó,
- véstározó és
- belvítározó. [87; 21. § (1)]

Mint ismert, a területi árvízvédelem részeként, a tározókkal történő árvízmentesítés fő célja a károkozásra alkalmas, szállított vízmennyiség átmeneti elhelyezése, illetve mindezzel az árhullám tetőzési magasságának redukálása.

A szükségtározás és véstározás – mint a vízgyűjtő gazdálkodás keretében a síkvidéki árvízi tározás két elterjedt formája – is a mentesített ártér kijelölt részének tudatos előtétét jelenti. A két eljárás közötti alapvető különbség abból adódik, hogy amíg a szükségtározó *„egy olyan, műszaki létesítményekkel időszakos tározásra alkalmassá tett kiépített vagy kijelölt terület, amely nem került kisajátításra, azt az esetleges árvízi előtét céljára jogi úton kijelölték”*, addig a véstározásra alkalmas,

műszakilag feltárt területek meghatározása megtörtént, de jogilag nem lettek kijelölve árvízi tározó funkcióra ellátására. [72; 259. o.] Az árvizek kártételei elleni védekezés történelmi visszatekintése során már az 1800-as évek közepén találkozunk példákkal a töltések átvágásával történő véstározásra. Az árvizeket megelőzően kijelölt területeken védművekkel történő szükségtározás ötlete az 1970-es évek elejéhez köthető, azonban az ezredforduló környékén több ízben jelentős károkat okozó, rekord méretű tiszai árvizek hozták meg az áttörést Magyarországon a tározókkal történő árvízmentesítés elképzelésének megvalósítása terén. [135; 32-33. o.] Mindez alapján, a Tisza-völgy árvízi biztonságának növelését célzó, Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése néven napvilágot látott koncepció 2003-as elfogadását követően, több jelentős befogadó kapacitású, árvízszint-csökkentő tározó épült a Felső- és Közép-Tisza-vidéken, további tározók tervezése jelenleg is folyamatban van. Az árvízszint-, vagy árvízcsúcs-csökkentő tározók a szükségtározás elvén működő olyan vízkár-elhárítási célú tározó létesítmények, amelyek nem csak az árhullámok visszatartására kijelölt területet foglalják magukba, hanem általában védművekkel határolva kiépített tározó létesítmények [87; 1. sz. melléklet, 34. pont].

A fentiekben bemutatott, a síkvízi árvízvédelem létesítményeül szolgáló megoldások, illetve koncepciók alapozták meg a villámárvizek kialakulásának megakadályozását célzó, a kisvízfolyások mentén kiépített **záportározók** alkalmazásának elterjedését is. Ezen létesítmények elsődleges célja az árvízcsúcsok csökkentésével a kisvízfolyásokon érkező árvizek irányított visszatartása. A lokális vízkárok enyhítése, illetve megelőzése mellett, a záportározók létesítése és alkalmazása is kedvező hatással van a hordalékmozgás és a mederlerakódás lassítására és akadályozására. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése keretében épített árvízszint-csökkentő tározókhöz hasonlóan, a kisebb kapacitású záportározók egyik nagy előnye a komplex hasznosítás lehetőségében rejlik, mivel az árvíz biztonság növelése mellett, alkalmasak a hordalékok visszatartására, és az aszályos időszakra történő víztartalékolásra is. Magyarországon a lakott területek vízkár-veszélyeztetettségének csökkentése érdekében országszerte több településnél épültek – többségében Európai Unió támogatási pénzalapokból – záportározók. Baranya megyében például az intenzív esőzések és a domborzati adottság következményeképpen lezúduló és összegyűlő csapadékvíz, valamint a Baranya-csatorna mentén kialakuló rendszeres áradások és helyi vízkárok megelőzésére, árvízvédelmi fejlesztések, illetve a dombvidéki vízgazdálkodás keretében további árapasztó tározók létesítésének előkészületei zajlanak. [136; 2. sz. melléklet]

A városokban, illetve sűrűn beépített településeken kialakuló helyi vízkárok veszélyének mértéke alapvetően emberi tevékenységgel hozható összefüggésbe. A települések helyi vízkár-elhárítási feladataira vonatkozó, az Országos Vízügyi Főigazgatóság által 1998-ban kiadott útmutató (a továbbiakban: Útmutató) szerint a kockázat növekedését meghatározó tényezők közül kiemelendő:

- a burkolt, illetve beépített, beszivárgást gátló vízzáró felületek növekedése, terjedése (a természetes és növényi fedettség hiánya),
- a belterületi csapadékvíz elvezető hálózat kiépítetlensége, vagy nem megfelelő kiépítettsége, kapacitáshiánya és
- a mély fekvésű területek sűrű beépítettsége.

Az Útmutató a helyi vízkárok megelőzését meghatározó beavatkozások között említi továbbá:

- a belterületi zöld felületek növelését,
- a befogadó vízfolyások, belvízcsatornák mederrendezését,
- a vízelvező képesség biztosítását, illetve rendszeres karbantartását és
- a belterületi vízelvező rendszerek kiépítését. [137; 8. o.]

Az elmúlt évek során az éghajlatváltozással összefüggésben tapasztalt árvízi jelenségek és meteorológiai szélsőségek számának és intenzitásának növekedése, valamint a lakott területek koncentrációja és beépítettségének növekedése egyaránt hozzájárult ahhoz, hogy az Útmutatóban mintegy 20 éve javasolt beavatkozások védelmi képességei, illetve kapacitásai önmagukban már nem elégségesek a szélsőségesen magas vízhozammal járó, gyors lefolyású esőzések következtében kialakuló árvizek mentesítésére. Fontos megjegyezni, hogy a jelenlegi kutatások és előrejelzések ezen jelenségek erősödését prognosztizálják a jövőben is, amihez hozzájárult többek között a központi zöld felületek beépítése is. Mindemelllett, a városias települések beépítettségi fokának növekedésével a csapadékvíz-hozam nagyobb mértékű és rövidebb idejű lefolyást eredményez. Ez a vízelvező rendszerek levezetési képességére is nagyobb terhet jelent és magasabban tetőző vízhozamot is generál. [134; 18. o.]

Álláspontom szerint a települési vízgazdálkodás integrált részeként a nagyvárosokban a városi árvizek elleni, hosszú távú eredményes védekezés megoldása lehet – a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztési programban foglaltakhoz és a záportározók létesítésének elvéhez hasonlóan – a káros víztöbblet vízkár-elhárítási célú tározókkal történő visszatartása. Ezen megállapítással szorosan összhangban van Budapest 2030-as, hosszú távú

városfejlesztési koncepciója (a továbbiakban: Koncepció), amely megemlíti, hogy a fővárosban mind a kapacitáshiányos árkokkal történő felszíni csapadékvíz elvezetés és az útburkolatokról vízelnyelőkön keresztül telítődő csatornák jelentős problémák forrása, amelyek kezelése az utóbbi évtizedek során kevesebb figyelmet kapott a fővárosban. [138; 47. o.] A Koncepció tartalmazza továbbá, hogy a hirtelen csapadékhullásból eredő felgyülemlt vizeket a jövőben közbenső tározókkal kell visszatartani.

Az európai nagyvárosok többsége esetén megállapítható, hogy a csatorna, illetve vízelvezető hálózatuk megtervezése és kiépítése több évtizedre, vagy akár évszázadra tekint vissza, így az intenzív csapadékhullások gyakoriságának növekedésével ezen hálózatok már nem tudják minden esetben hatékonyan megakadályozni a városi árvizek kialakulását. Mindez természetesen Budapest vonatkozásában is igazolható, mivel Pest csatornázása 1869 és 1910 közé, Buda hálózatának kiépítése pedig 1873 és 1914 közé tehető. [134; 18. o.] Az Európai Unió társfinanszírozásával megvalósuló hálózatfejlesztéseknek köszönhetően a lefedettség a külső kerületekben is számottevően javult ugyan, de összességében megállapítható, hogy a főváros nagyrészt a kezeletlen szenny- és csapadékvizet egyesített rendszeren keresztül levezető hálózata az intenzív esőzések okozta terheléseknek főleg a belvárosi részeken funkcionálisan nem tud minden esetben megfelelni. Ilyen, egyesített rendszerű csatornahálózat működik a főváros mellett további olyan hazai nagyvárosokban, mint Szeged, Debrecen, Győr vagy Szolnok. A csapadékvíz-elvezetés szempontjából kedvezőbb tulajdonságokkal bíró, a szennyvizet és csapadékvizet külön csővezetékeken keresztül levezető, elválasztott rendszer lett kiépítve Pécsen, Kaposváron, Békéscsabán vagy Székesfehérváron. [139; 2. o.]

A fővárosi Koncepció az újonnan kiépülő csatornaszakaszok tekintetében egyértelműen az elválasztott rendszer mellett foglal állást, egyrészt a csapadékvizek hasznosításának kiaknázása, másrészt a hatékony árvízvédelem érdekében. [138; 117. o.]

#### ***2.7.4.1. Városi árvizek megelőzése felszín alatti tározókkal***

A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésének megvalósítása keretében létesített árvízszint-csökkentő tározók, valamint a kisebb befogadó kapacitású árapasztó tározók működési elvéhez hasonlóan, a csapadékvizek tározókban történő elhelyezése, mint árvízmentesítési megoldás, a városi árvizek megelőzése esetén is adott. Előbbi esetekben a vízvisszatartás célja a vízfolyásokon való árvízcsúcs csökkentés, viszont a városok, illetve lakott területek belterületén, a föld alatt kialakított tartályozás elsődleges funkciója a vízelvezető rendszerek telítődésének megelőzésén, illetve a levezető kapacitás

folyamatos biztosításán keresztül a tetőző vízhozam redukálása. A területi védelem részeként működő árvízszint-csökkentő tározók koncepciója alapján a városi árvizek földalatti létesítményekkel történő megelőzése a gyakorlatban a meglévő védelmi rendszer (pl. vízelnyelők, vízelvezető rendszer) kiegészítő, tartalék megoldásaként is megvalósulhat.

A felszín alatt létesített tározókkal történő helyi vízkár-elhárítás koncepciójának alapja, hogy a sűrűn beépített, urbanizált területek hirtelen kialakulású, intenzív csapadékhullás következtében kialakuló városi árvizektől való mentesítése a hagyományos, limitált kapacitású vízelvezető rendszerek növelésével hosszú távon eredményesen és költséghatékonyan nem megoldható. A vizek kártételei elleni védelmet nyújtó műszaki megoldások egyaránt lehetnek közcélú, vagy egyedi vízi létesítmények. [87; 1. sz. melléklet, 26. pont] Az önvédelem részeként megvalósuló, az esővizek irányított elvezetését, illetve összegyűjtését célzó műszaki megoldást a 2.5.2. pont tárgyalja.

A kis kapacitású tartály-rendszerek elvén alapulva, a közterületekre zúduló csapadékvizek szabályozott elvezetése, illetve visszatartása közcélú vízkár-elhárítási tározókkal is megvalósítható, amely a nemzetközi gyakorlatban is egyre gyakoribb megoldásként jelenik meg a nagyvárosok árvízi biztonságának fokozására irányuló integrált városi vízgazdálkodási stratégiák részeként. A felszín alá létesített tározók kiépítési helyszínét alapvetően meghatározzák a korábbi városi árvizek tapasztalatai, illetve a vízelvezető hálózat kiépítettsége és adottságai. A tározó kizárólag elválasztott rendszerű infrastruktúrához kapcsolható, vagy külön, a rendszer elemét képező, zárt rendszerű csapadékvíz elvezető hálózathoz, célszerűen a mély fekvésű területeken összegyűlő csapadékvizek elvezetésére. A városi árvizek során állandó probléma Budapesten is az aluljárók, földalatti átjárók, metróállomások és más felszín alatti közcélú létesítmények elárasztása, mivel a jelentős vízhozam rövid idő leforgása alatt telíti ezen létesítmények vízelvezető rendszereit is. Külön vízelvezető fővezetékhez kapcsolt hálózaton keresztül a belvárosi területeken koncentrálódott ilyen és hasonló létesítmények vízkár-mentesítésére is megoldásként szolgálhat a csapadékvíz földalatti tározókban történő visszatartása, majd a befogadó felé történő szabályozott visszaengedése, vagy hasznosítás céljából történő felhasználása. A nagyobb volumenű vízelnyelés érdekében célszerű vonalmenti (rácsos) vízelnyelő rendszerek alkalmazása a belterületekről történő vízelvezetés és a föld alá épített létesítmények (pl. aluljárók) esetén is.

#### 2.7.4.2. A felszín alatti vízkár-elhárítási célú tározók típusai, működése

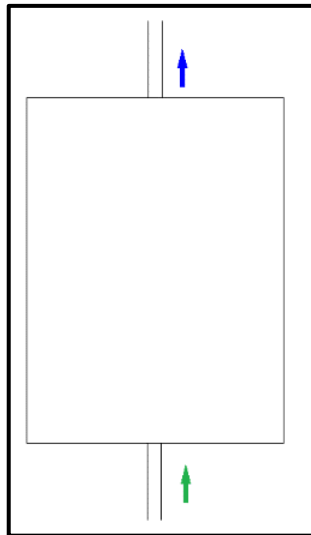
A földalatti árvízi tározás esetén a vízbeeresztés szempontjából megkülönböztethetünk:

- „on-site” tározást, amikor az esővíz a vízgyűjtő területéről a víznyelőkön keresztül közvetlenül a víz elhelyezését szolgáló tároló létesítménybe jut, vagy
- „off-site” rendszert, amely esetben a tározó, vagy tartály a vízvezető hálózatba párhuzamosan kerül bekapcsolásra, tehát a beeresztés a csatornákon keresztül valósul meg. Ennek előnye, hogy a települések esetén több vízgyűjtő területéről is történhet a csapadékvíz összegyűjtése egyszerre.

Elemézve a hazai szakirodalmat, és a nemzetközi alkalmazási tapasztalatokat is szem előtt tartva, a csapadékvizek földalatti elhelyezése, és a tározó létesítmények vízvezető hálózatba történő kapcsolása az alábbi módokon történhet: [140; 328-332. o.]

#### „In-line” (hálózaton belüli tározó)

A csatornahálózatba sorosan kapcsolt (in-line) tározók (36. sz. ábra) működési elve a kivezetés szabályozásán alapul, amely – a víztöbblet visszatartásával – így módon képes biztosítani a folyamatos elvezető kapacitást.

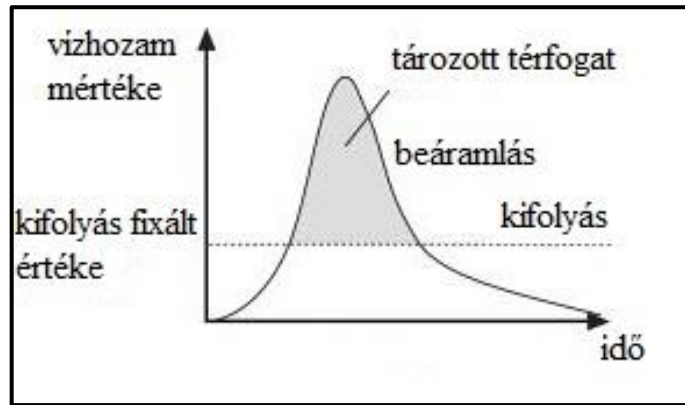


36. sz. ábra: „in-line” tározás elvi sémája

*Készítette: a szerző*

Amennyiben a tározó szerkezeti kialakítása a kivezetést egy állandó vízmennyiségen szabályozza ( $Q_{ki}=áll.$ ), akkor az alábbi diagramon ábrázoltak szerint (37. sz. ábra) a

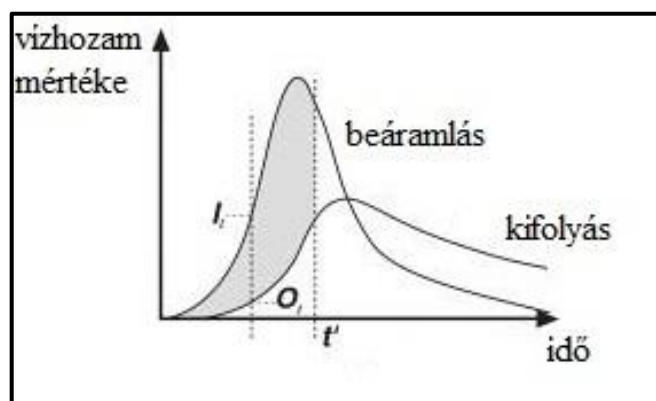
vízmenyiség kivezetésének meghatározott mértéket meghaladó vízhozam esetén a visszatartott mennyiséget a beszürkített tartomány fejezi ki. Ha a kifolyás (fixált) mértéke meghaladja a beeresztését, akkor a tározóban elhelyezett víz térfogata csökken, vagyis a tározó kiürítési fázisba kerül.



37. sz. ábra: A tározó feltöltődése a kifolyás függvényében – fix értéken szabályozott kivezetés esetén

*Forrás: [140; 329. o.] Szerkesztette: a szerző*

Az alábbi ábrán szemléltetett diagram (38. sz. ábra) azon esetet vizsgálja, ha a tározó, illetve tartály kivezetése a vízhozam mértéke függvényében változik. Ebben az esetben, amennyiben adott időponthoz tartozó  $I_t$  és  $O_t$  ordináták különbsége nő, vagyis a beeresztés mértéke emelkedik a kifolyás időben változó mértékéhez képest, akkor a tározóban visszatartott víz mennyisége is nő.



38. sz. ábra: A tározó feltöltődése a kifolyás függvényében – a vízhozam függvényében időben változó kifolyás esetén

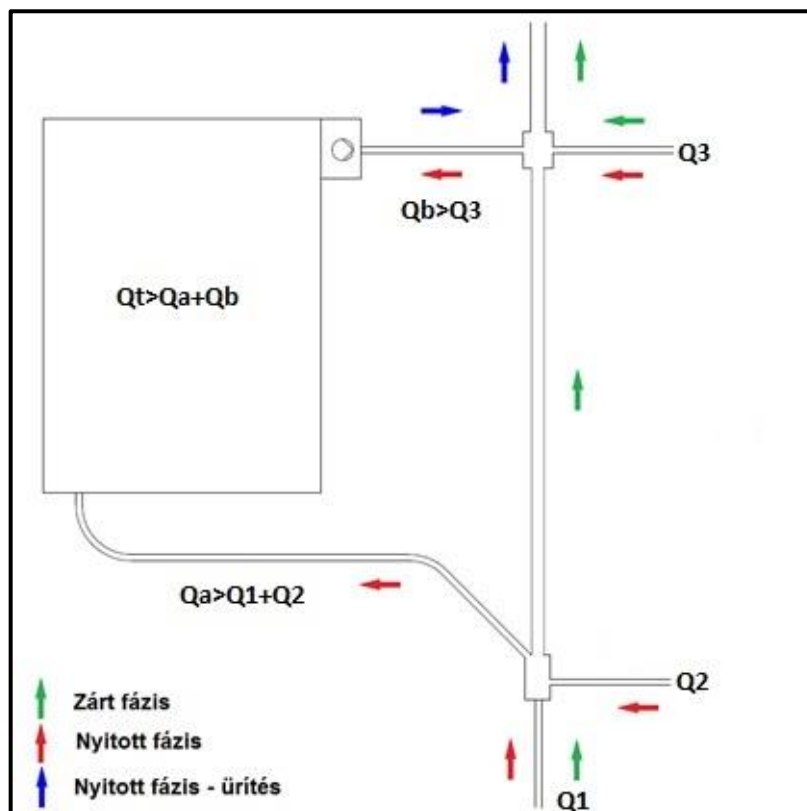
*Forrás: [24; 18. o.] Szerkesztette: a szerző*

Az „in-line” elven működő csapadékvíz tározók egyik – hazánk egyes nagyvárosinak esetén is – praktikus alkalmazási lehetősége az egyesített rendszerű csatornák esetén,

külön kiegészítő létesítményeként való megvalósításuk. A lehulló csapadékvíz közvetlen helyi összegyűjtésével és átmeneti tározásával megelőzhető az egyesített csatornák intenzív esőzés általi telítődése, illetve ennek következményeként a túlfolyókon, vagy a bevezető nyílásokon keresztül a szennyvízzel keveredett csapadékvíz, felszínre, illetve környezetbe jutása.

### „Off-line” (hálózatba kapcsolt tározó)

A vízvezető hálózatba párhuzamos kapcsolt (off-line vagy bypass) tározók esetén az alábbi elvi sémán (39. sz. ábra) látható módon a vízhozam be- és kiengedése egyaránt szabályozott körülmények között valósul meg, mivel a tározóba átereszekon keresztül történő beeresztés és kieresztés az üzemmód függvényében nyitható és zárható. A visszatartott vízmennyiség a csapadékhullás befejeződését követően gravitációs úton (nyitható és zárható kapukkal), vagy szivattyús átemeléssel (vagy a kettő kombinációjával) kerülhet visszavezetésre az elvezető hálózatba a végső befogadó irányába. A létesítményt – a mértékadó csapadékmennyiség alapján történő megfelelő méretezés mellett – minden esetben túlfolyó rendszerrel ajánlott ellátni.



39. sz. ábra: Az „off-line” tározás elvi sémája  
Készítette: a szerző



A fenti szerkezeti vázlat alapján az elvezető hálózatba „kikerülő” úton beépített felszín alatti tározó, illetve a működtetéséhez szükséges infrastruktúra főbb elemei az alábbiak:

- a csatornahálózatba épített vízelosztó kamra, amely a tározó térbe irányítja a vizet azon esetekben, ha a csatornák keresztül belépő vízhozam elér egy előre meghatározott értéket,
- be- és kiengedő vezeték (kapacitása:  $Q_a$  és  $Q_b$  vízhozamra),
- tározó (kapacitása:  $Q_t$  vízhozamra),
- átemelő szivattyúk, amelyek biztosítják a tározóban elhelyezett vízmennyiség szabályozott visszaengedését a csatornahálózatba, valamint
- túlfolyás elleni védelmi-rendszer (túlfolyóval, szikkasztóval vagy szivattyúkkal).

Az in-line és off-line elven működő felszín alatti árvízi tározó létesítmények esetén a vízbeengedés megvalósítható a csatornába épített bemeneti túlfolyóval is.

A felszín alatti tározókkal történő városi vízkár-megelőzés működési elvének ismerete mellett fontos kérdés a tározók szükséges befogadó-kapacitásának meghatározása, illetve tervezési szempontjai. A továbbiakban ennek vizsgálatára és lehetséges módszerének bemutatására kerül sor.

#### ***2.7.4.3. A felszín alatti vízkár-elhárítású célú tározók méretezése***

Dr. Szlávik Lajos megállapítása szerint az árvízszint-csökkentő tározók méretezése szemszögéből arra a tározási kapacitásra vonatkozó tetőző vízszint tekinthető mértékadónak, amely a védekezésre rendelt védelmi képesség kapacitásait, erőforrásait és ellenálló képességét meghaladja. [72; 262. o.] A felszín alá létesített esővíz tározók esetén mindez a gyakorlatban azt a vízhozamot jelenti, amely átmeneti visszatartása szükséges a folyamatos lefolyás kapacitás biztosítása, és a vízelvezető hálózatban jelentkező visszaduzzasztás megelőzése érdekében. A felszín alatti tározók méretezésénél tehát egyaránt figyelembe kell venni a mértékadó csapadékmennyiséget, valamint ezzel összefüggésben a vízelvezető rendszerek karakterisztikáját és paramétereit. Alapelvek tekinthető továbbá, hogy a tározó meghatározott térfogatának összhangban kell lennie a csatornán levonuló vízhozam mennyiségével és annak időbeli változásával. [142; 82. o.]

Jelen értekezésnek nem célja a vízelvezető hálózatok méretezési módszereinek részletes tárgyalása, azonban a földalatti tározók méretezési szempontjából fontos tisztázni azon tényezőket és alapelveket, amelyek együttesen megteremtik az intenzív

esőzés vízhozamának eredményes elvezetésének lehetőségét a vízvezető-csatornák telítődésének megelőzésével.

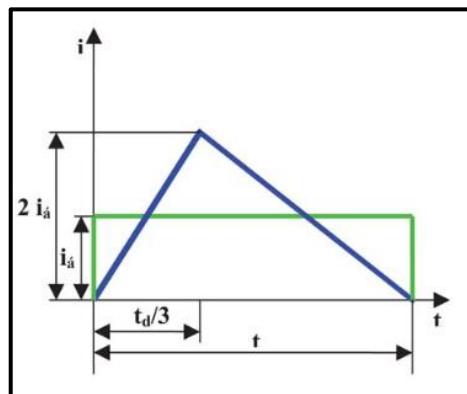
A földalatti árvízi tározás esetén gravitációs elvű, zárt, elválasztott csatornahálózatot vehetünk alapul, amelynek nyomvonalai kialakításánál is meghatározóak a domborzati és vízrajzi viszonyok. A felszín alatti tározók kapacitásának és méretezési paramétereinek meghatározásához a méretezési vízszint kalkulálása releváns, ami a gyakorlatban a tározást igénylő vízhozam számítását jelenti. [142; 92. o.] Erre szolgál az intenzitás és időtartam alapján vett, a csatorna bizonyos szelvényében fellépő vízhozam, a mértékadó méretezési csapadék. A csapadékvíz intenzitásának mérésére és kutatására vonatkozó eredmények kimutatták, hogy a legtöbb esetben az intenzitása nem egyenletes, a lehulló mennyiség jelentős hányada az esemény időtartamának első részében mérhető. [24; 79. o.] Ilyen esetekben a maximális intenzitás háromszög alakú csapadék-idősor előállításával a csapadék összmennyiségéből (P) és teljes időtartamából ( $t_d$ ) kiszámítható:

$$i_{\max}=2P/t_d$$

Az előkészítő csapadék aránya pedig a maximális intenzitás ideje ( $t_e$ ) és a teljes időtartam ( $t_d$ ) arányaként írható fel az alábbi képlettel:

$$r=t_e/t_d$$

A hazai csapadék elvezető rendszerekre vonatkozó előírások során is az igazoltan megbízható eredményeket produkáló, Gayer József által javasolt háromszög csapadék-idősor lett alapul véve, ahol az előkészítő csapadék aránya a teljes esemény időtartamára:  $r=1/3$  került megadásra (40. sz. ábra).



40. sz. ábra: Háromszög csapadék-idősor  
Forrás: [24; 81. o.], Készítette: Gayer József, Ligetvári Ferenc

A vízvezető-csatornák hidraulikus méretezésénél az 1960-as évekig a korábbi tapasztalatokon alapuló *racionális módszer* volt használatos, amelynek alapelve szerint a csatorna vizsgált szelvényének maximális terhelését azon mértékadó csapadék jelenti, amelynek időtartama az adott csatorna szakaszhoz tartozó vízgyűjtő teljes területéről leérkező vízmennyiség idejével megegyezik. [142; 310. o.] Később, az informatikai rendszerek rohamos fejlődésével, a méretezési szempontok során a *lefolysis-számításokon alapuló módszerek* kerültek előtérbe, amelyek figyelembe vették az eső intenzitásának időbeli változását is. [24; 18. o.] Mindez alapján a terepszint alá épített tározókhoz kapcsolt, elválasztott rendszerű vízvezető-csatornák méretezéséhez mértékadó vízhozam számítására alkalmas, és egyben korszerű eljárás lehet a *vízmennyiség mérleg módszer*, ami az összegyülekezési idő alapján számolja a lefolyást az alábbi összefüggés szerint:

$$L_p = P - F - (S_1 + S_2) \text{ [m}^3\text{/ha]}$$

ahol:

$L_p$ : lefolyás [ $\text{m}^3\text{/ha}$ ];

$P$ : összegyülekezési idő alatt összegyűlt vízmennyiség [ $\text{m}^3\text{/ha}$ ];

$F$ : összegyülekezési idő alatt beszivárgó vízmennyiség [ $\text{m}^3\text{/ha}$ ] (nem vízáteresztő felület esetén nem releváns);

$S_1$ : nedvesítési tározás [ $\text{m}^3\text{/ha}$ ], síkvidéki vízzáró felületen  $2 \text{ mm} = 20 \text{ m}^3\text{/ha}$ ;

$S_2$ : medertározás [ $\text{m}^3\text{/ha}$ ] csatornasűrűség ( $s$ ) függvényében meghatározható.

Az árhullám vízhozama pedig:

$$Q_p = \beta * L_p * A_v$$

képlettel számolható, ahol:

$\beta$ : összegyülekezési időre ( $t_c$ ) számolt lefolyási tényező [ $1/\text{m}^3 * \text{s}$ ];

$A_v$ : vizsgált terület nagysága [ $\text{ha}$ ]. [143; 55-56. o.]

A csatornarendszernek az árhullám mértékadó vízhozama alapján történő méretezését követően a tározó térfogatának meghatározása céljából a gravitációs csatornákon keresztül a tározótérbe bevezetett maximális lefolyási vízhozamot szükséges számolni:

$$Q = S * v$$

ahol:

$S$ : a csatornaszelvény nedvesített keresztmetszeti területe [ $\text{m}^2$ ];

$v$ : víz áramlási sebessége [ $\text{m/s}$ ].

A fenti számításon alapulva, a bevezetett csatornák együttes maximális vízhozama meghatározható. A zárt szelvényű csatornák esetén számolni kell azzal, hogy a víz sebessége a töltési fok függvényében változik. A felszín alatti tározó térfogatának meghatározásakor minden esetben a gazdaságosság, és a többcélú hasznosítás lehetőségeit is figyelembe kell venni.

A továbbiakban vizsgálom a fentiekben bemutatott elven működő, felszín alatti árvízmentesítési megoldások létesítési és alkalmazási lehetőségeit.

#### ***2.7.4.4. A felszín alatti vízkár-elhárítási célú tározók többcélú alkalmazási lehetőségei***

A hirtelen lezúduló csapadék felszín alatti létesítményekkel történő átmeneti elhelyezésének főbb előnyeit, hátrányait és alkalmazásukból eredő lehetőségeket a 6. sz. mellékletben szereplő SWOT analízis formájában mutatom be. Az elemzésből kimutatkozik, hogy a tervezési, illetve méretezési tevékenységeknek kiemelkedően fontos szerepük van, és a hosszú távú sikeres üzemeltetés érdekében a tározók létesítését a fenntartható városi vízgazdálkodási stratégia részeként kell megvalósítani. A vízkár-elhárítási, illetve árvízmentesítési funkció mellett, a komplex rendeltetésű árvízszint-csökkentő tározókhoz hasonlóan, a felszín alatti víztárolás alternatív hasznosítására is számos lehetőség adott. Ennek tárgyalása során alapvetően különbséget kell tenni a felszín alatti létesítmény többcélú kihasználása, és a felszíni lehetőségek között. A földalatti kialakítás okán a sűrűn beépített, urbanizált területeken adott a lehetőség a terepszint felett sportpályák, parkolók, épületek, ipari telephelyek, parkok, vagy közlekedési infrastruktúrák stb. kialakítására, a tározók működtetéséhez szükséges felszíni létesítményeket is beleértve. A nemzetközi gyakorlatot is figyelembe véve, a földalatti tározóknak és berendezéseiknek az alábbi alternatív felhasználási lehetőségei – megvalósítás módjától és helyszínétől függően – adottak:

- turisztikai látványosság, üzemmentes időszakban a létesítmény látogatásának lehetősége,
- felszín alatti közlekedési infrastruktúrába történő beillesztése (alagút, aluljáró stb.),
- óvóhelyi védelem (szükségóvóhely, kettős rendeltetésű létesítmény) és
- a visszatartott esővíz – megfelelő szűrést követő – hasznosítása (növények öntözése, tűzoltás, közterek tisztítása, hűtése, autómosás, vagy háztartási használat: WC öblítés, mosás stb.)

A vízelnyelő nyílásokon, illetve vízelvezető vezetékeken keresztül összegyűjtött esővizek az épületekről és utcákról összegyűlt szerves és szervetlen anyagok mellett a légszennyeződésből eredő szennyezőanyagokat is tartalmazzák, amelyek a füstgázokban lévő nitrogén oxidok ( $\text{NO}_x$ ) és a kéndioxid ( $\text{SO}_2$ ) miatt savas kémhatásúak ( $\text{pH} < 7$ ). A savas jelleg háztartási szempontból ugyan előnyt jelent (az alacsony kalcium-hidrogén-karbonát ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ), illetve a magnézium-hidrogén-karbonát ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) miatt alacsony vízkőlerakódást idéz elő), de különböző szennyeződések miatt szűrőberendezések használata szükséges. Ennek legfőbb oka, hogy az adott terület igénybevétele és funkciójától függően, az első hullámban érkező csapadékmennyiség szennyezőanyag koncentrációja az utcai szennyezések miatt jelentős mértékben toxikus lehet. [144; 37. o.] Figyelembe kell venni továbbá azt is, hogy a tározott csapadékvíznek a tároló falaival történő kémiai reakciója vegyi szennyeződések okozhat, ami tovább befolyásolja az esővíz hasznosíthatóságának körülményeit. [144]

Budapestet alapul véve a többcélú hasznosítás szempontjából mindenképpen olyan megoldásokat javaslok, amelyek egyrészt az „in-line” tározók esetén lehetővé teszik a tározótér (gyalogos) közlekedési funkció ellátását (pl. nagyobb, forgalmas tereken, ahol közparkok létesítésére nincs mód). A metróhálózathoz kapcsolt átjárók, illetve aluljárók esetén a metrólejárók szivárgásmentes zárásáról gondoskodni kell, valamint korlátozni szükséges az aluljárók használatát. Ilyen, kettős rendeltetésű létesítmények esetén az elhelyezett csapadékvíz tározótérből történő hasznosítására nincs lehetőség. Másrészt, az „off-line” rendszerű tározók például a budai hegyekből érkező lefolyás összegyűjtésére lehetnek alkalmasak, a tározott víz pedig városi tisztítási, locsolási, hűzési stb. feladatokra felhasználható.

Megjegyzendő, hogy a hirtelen kialakulású árvizekkel kapcsolatos kollektív szabályozás nem alakult még ki a magyar jogrendszerben, ami alapját képezhetné a létesítmények tervezésének, megvalósításának és üzemeltetésnek, valamint többcélú felhasználási lehetőségeinek is. Az értekezésben bemutatott elemzés ezek elősegítését is szolgálja.

#### ***2.7.4.5. A felszín alatti tározók többcélú hasznosításának lehetőségei***

A városi árvízmentesítés földalatti tározással történő megoldásában élenjáró országok példái (7. sz. melléklet) alapján is elmondható, hogy a felszín alatti vízkár-elhárítási tározás egyaránt megvalósítható földalatti tározók, illetve tartályok

létesítésével, vagy önmagukban vízelvezető-csatornákkal, amelyeket olyan többletkapacitással méreteztek, ami lehetővé teszi a hirtelen kialakulású intenzív esőzéstől eredő jelentős vízhozam átmeneti elhelyezését. A fenti példák és a korábbiakban elvégzett SWOT elemzés rámutatnak továbbá arra, hogy a költséghatékony felszín alatti árvízi tározás koncepciójának fontos tényezője a multifunkcionalitás, vagyis meg kell találni a módját a létesítmények, illetve a visszatartott víz árvízmentes időszakban történő hasznosítására is. A kijelölt felszíni területeken történő szükségtározás koncepciójának is fontos eleme a többcélú alkalmazhatóság, amely a tározott víz és a tározótér hasznosítására terjed ki. [142; 32. o.]

A városi vízgazdálkodás integrált részeként a földalatti tározók tervezésénél szintén fontos tényezők a létesítményekhez tartozó, felszíni terület kihasználásának lehetőségei és korlátai. A terepszinten adott területek hasznosítását alapvetően a településszerkezeti adottságok határolják be, a nemzetközi példák alapján parkok, sportpályák és felszíni közlekedési infrastruktúra elemek a legáltalánosabb megvalósítási formái a többcélú rendeltetésnek és a magas beépítettségi fokú területek hatékony kihasználásának.

A létesítményekhez tartozó felszíni és felszín alatti területek, illetve elemek többcélú alkalmazásának feltételeit jelentős mértékben determinálja továbbá a tározó mértékadó vízhozam által meghatározott mérete, működésének elve és kialakításának helye. A Kuala Lumpurban megvalósult SMART alagút példájából kiindulva (lásd 7. sz. melléklet) a városi árvizek visszatartására kiépített földalatti vízgazdálkodási létesítmények esetén az árvízmentesítési funkció mellett adott a lehetőség a közlekedési infrastruktúrába való beillesztésre (pl. földalatti aluljárók, közlekedő alagutak stb.), ami lehetővé teszi a létesítmények mindennapos kihasználtságát árvízmentes üzemmódban is. Ezen lehetőség megvizsgálásánál különös figyelmet kell fordítani az elárasztást követő tisztításra és fertőtlenítésre, illetve az ehhez szükséges logisztikai feltételek megteremtésére.

A felszín alatti vízkár-elhárítási célú tározók fentiekben bemutatott, illetve vizsgált megoldásai alapján megítélésem szerint az in-line tározók a vízelvezető gerincvezetékhez sorosan kapcsolt aluljárók, és más felszín alatti létesítmények árvízmentesítésére, az off-line rendszerek (pl. hongkongi példa) pedig több városi vízgyűjtő terület egyidejű lokális árvízkarok megelőzésére alkalmazható a leghatékonyabban. A nemzetközi példák bizonyítják a földalatti tározás létjogosultságát és funkcionális működésének hatékonyságát, egyben tudományos és stratégiai alapot adva a városi vízgazdálkodás keretében történő megvalósításukhoz. A tározók és a

hozzájuk tartozó létesítmények kiépítését azonban döntően befolyásolják a városokon belül értendő helyi viszonyok és meglévő infrastruktúrák. Az értekezésben vizsgált szempontok ennek segítségét és szakmai támogatását, illetve iránymutatását szolgálják, annak érdekében, hogy a városi árvizekből eredő kockázattal érintett hazai városok esetén is a földalatti tározás lehető legjobb műszaki megoldása, a lefolyási viszonyok alapján optimális helyszínen, a szakmai, gazdasági és társadalmi igényeknek is megfelelő módon valósulhasson meg.

## 2.8. Részkövetkeztetések

- 1.) A vízkár-elhárítással kapcsolatos aktuális hazai ágazati stratégiák, valamint nemzetközi és nemzeti irányelvek elemzése során **megállapítottam**, hogy a megelőző szemlélet, valamint a korszerű térinformatikai rendszereken alapuló kockázatelemzések szerinti preventív tervezés domináns szereppel bír, amellett, hogy az ökológiai, vízminőség- és természetvédelmi szempontok tudatos érvényesítésére is a megelőző időszak ad elsősorban lehetőséget. Szintén egyre hangsúlyosabb módon kerül előtérbe a ráfordítási költségek optimalizálása, valamint a differenciált biztonsági szintek feltételeinek megteremtése. Mindez alapján **javaslatot tettem** az árvízmentesítési fejlesztések főbb szempontjaira, illetve komplex szemléletű módszertant követő megvalósítására.
- 2.) Az árvízkarok megelőzését célzó hazai rendszer részeként alkalmazott szerkezeti megoldások vonatkozásában **elemző rendszerezéssel**, SWOT analízissel formájában **feltártam** az egyes létesítmények hatékonysági növelésének és biztonságosabb üzemeltetésének szempontjait. **Összeállítottam egy olyan módszertani segédletet**, amely rendszerezi az egyes létesítmények negatív és pozitív hatásait, alkalmazásuk előnyeit és hátrányait, valamint fejlesztési lehetőségeit, mindezzel elősegítve az alkalmazás és üzemeltetés hatékonyságát.
- 3.) Az árvízi előrejelzés hazai és nemzetközi gyakorlatát vizsgálva **javaslatot tettem** egy komplex, az előrejelzéseket és figyelmeztetéseket együttesen ellátó előrejelző rendszer működésére és fejlesztési lehetőségeire.
- 4.) **Megállapítottam**, hogy a nemzetközi tapasztalat, valamint az egyes ágazati stratégiákban hangsúlyozott szempontok ellenére a hazai árvízvédelem rendszerében alulreprezentált az öngondoskodás szerepe. Az értekezésben az épületek sebezhető pontjainak, illetve az árvizek épületekre gyakorolt károsító hatásainak figyelembevételével **javaslatot tettem** olyan műszaki megoldások,

illetve eszközök alkalmazására, amelyek rendszerszerű és szabályozott alkalmazása nagyban elősegítheti a költséghatékony árvízmentesítést, valamint a rendkívüli árvízkárok kialakulásának megakadályozását.

- 5.) A hazánkban is alkalmazott nyomvonalas védművek (földtöltések, (mobil) árvízvédelmi falak telepítésének kritikus pontjainak feltárásával, az altalaji vízáramlásokat befolyásoló, illetve szivárgásokat megakadályozó mélyépítésű elemek vonatkozásában, modellezési eredményeken alapulva **javaslatot tettem** egy olyan vízzáró szerkezeti elem alkalmazására, amellyel a szivárgásmentes vízzáró funkció biztosítása mellett a mélyépítésű elemek visszaduzzasztásból eredő káros következmények is kiküszöbölhetőek.
- 6.) Tekintettel a meteorológiai szélsőségek gyakoriságának tapasztalt növekedésére, valamint a hazánkban is egyre nagyobb potenciális károkat jelentő városi árvizek előfordulására – a nemzetközi gyakorlat figyelembevételével – **megvizsgáltam** a lokális városi árvízkárok megelőzését célzó felszín alatti árvízi tározás lehetőségeit. Elvi sémán történő szemléltetéssel, valamint átfogó műszaki elemzéssel **iránymutatásokat adtam** ezen létesítmények hazai alkalmazásának lehetséges módjára és szempontjaira, valamint többcélú hasznosításának lehetőségeire.



### **3. A FÖLDRENGÉSKÁROK MEGELŐZÉSÉNEK KORSZERŰ, MŰSZAKI LEHETŐSÉGEI**

A természeti katasztrófák előfordulásának vonatkozásában végzett elemzés (lásd 1.7. pont) is rámutatott arra, hogy a földrengések mind az emberi halálozás és az okozott anyagi kár tekintetében is a legsúlyosabb következményekkel járó természeti katasztrófák közé sorolhatóak. A szeizmikus jelenségek közvetlen hatásaként az építményekben, illetve épített infrastruktúrákban keletkező sérülések és károk jelentik az anyagi veszteségek szempontjából, valamint a lakosság életére nézve is a legnagyobb veszélyt, ezért a földrengések károsító hatásainak megelőzése, illetve csökkentése elsősorban a korszerű, specifikus építési technológiák alkalmazásával érhető el. Mindezek természetesen szoros összefüggésben vannak az adott térség földszerkezeti és topográfiai adottságaival, valamint a területen a korábbiakban mérhető szeizmikus aktivitással, amelyek döntően meghatározzák a megelőző intézkedések irányvonalát és szükséges mértékét.

#### **3.1. A földrengések kialakulása, hatásai**

A következőkben a földrengések keletkezésének okait, jellemzőit és hatásait vizsgálom meg, mert ezek determinálják a megelőzés és védekezés feladatait, továbbá fontosak a válasz intézkedések átfogó ismertetéséhez is.

##### **3.1.1. A földrengések keletkezése**

Az 1960-as években vált elfogadottá a globális lemeztectonika elmélete, miszerint a földkéreg lemezei folyamatos mozgásban vannak. Egyes kutatók szerint a tektonikai folyamatokban feltehetően szerepet játszanak a köpenyben létrejövő konvekciós áramok, a feláramlásnál létrejött felboltozódások, valamint a szubdukáló lemez súlya is. [152] A kőzetlemezek mozgásával összefüggésben a földrengések kialakulásának szempontjából megkülönböztethetünk:

- a lemezek közti (interplate) és
- a kőzetlemezek belsejében kipattanó (intraplate) földrengéseket.

A jóval gyakoribb interplate rengések a kőzetlemezek találkozásánál felgyülemlett feszültségek hirtelen felszabadulásával bekövetkező földfelszín mozgásokkal jönnek létre. Az ilyen, lemezek közt kipattanó földrengések epicentrumainak eloszlása jól

megfigyelhetően követi a lemezhatárokat, keletkezésük mintegy 80 %-a a Csendes-óceánt szegélyező cirkumpacifikus övezethez köthető.

A lemezszegélyektől távol létrejövő, intraplate földrengéseket kiváltó energiák keletkezésére máig nincs a tudósok és kutatók által közösen elfogadott magyarázat. Kialakulásuk tisztázására több elmélet látott napvilágot. A téma egyik jeles kutatója Mark Zoback, a Stanford Egyetem geofizikusaként az Egyesült Államok több államában kipattanó, intraplate földrengést az évmilliók alatt a földkéregre nehezedő gleccserek olvadását követő felső köpeny és a földkéreg visszarendeződésével magyaráz. [153]

Más megállapítások szerint a mag magas hőmérsékletének olvasztó hatása következtében a köpenyben keltett konvekciós áramok (hőfeláramlások) tehetők felelőssé a lemezhatároktól távol eső földrengések kiváltásáért is, a köpeny egyes alacsonyabb hőmérsékletű részeinek süllyedése által kiváltott feszültségeken keresztül. [154]

A legelfogadottabb álláspontnak tekinthető, hogy az intraplate földrengések egyik legjellegzetesebb helyszínén, az Egyesült Államokbeli Új-madridi szeizmikus zónában észlelt földrengéseket a 750 millió évvel ezelőtt a földkéreg lesüllyedt részeként kialakult, üledékkel takart kontinentális árokrendszer, a Reelfoot árok újra beindult hasadása váltja ki. [155]

### **3.1.2. A rengéshullámok fajtái**

A földrengések során a kőzetlemezekben és azok találkozásánál feszültségként felhalmozódott energia felszabadulásából keltett rugalmas rengéshullámoknak az alábbi két fő csoportját különböztetjük meg:

1. Térhullámok, amelyek a Föld belső szerkezetén is képesek terjedni. A térhullámok csoportját tovább bonthatjuk a következőképpen:
  - longitudinális (primer, P) hullámokra, amelyek hosszanti irányban fejtődnek ki a kőzeteket összepréselő és kitágító rezgőmozgást követően és
  - transzverzális (szekunder, S) hullámokra, amik a haladás irányára merőlegesen fejtődnek ki, folyadék közegben nem terjednek.
2. Felületi hullámok, amelyek csak a felszín mentén tudnak terjedni. Két fajtájuk ismeretes:
  - az ellipszis alakú pálya mentén mozgó Rayleigh-hullámok (R) és
  - a vízszintes eltolódásokért felelős Love-hullámok (L).

Amennyiben az egyes rengéshullám típusokat a terjedési sebességük függvényében vizsgáljuk, a felsőköpeny és a földkéreg határánál az anyagösszetétel miatt a hullámsebesség növekedése a jellemző, az asztenoszférának, azaz a Föld felső köpenyének alsó, képlékeny magmából álló részén pedig a térhullámok alacsony sebessége figyelhető meg. A földkéregben a felszínhez közeledve a hullámok szintén lelassulnak a szilárd közeg miatt.

A térhullámokra és a felületi hullámokra is megállapítható, hogy a puha, illetve képlékeny talajközeg felerősíti azok hatásait, valamint, hogy a földfelszín kiemelkedései (pl. kisebb hegyek) ugyancsak felerősítik a felületi hullámokat. A felszínen időben először jelentkező P-hullámok jellemzően kisebb amplitúdójúak, mint az S-hullámok (az amplitúdó arány kb. 1/5), [167; 855. o.] ezért a felszínen okozott károkért elsősorban az utóbbiak tehetők felelőssé. A P- és S-hullámok sebességeinek különbsége az alábbi összefüggésből számítható: [156]

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}; V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

ahol:

$\mu$  és  $\lambda$ : a kőzetek rugalmas paraméterei;

$\rho$ : kőzetek sűrűsége.

Tekintve, hogy a kőzetek rugalmas paraméterei többségében megközelítőleg megegyeznek, a primer és szekunder hullámok sebessége az alábbi arányossággal jellemezhető:

$$V_P \approx V_S \cdot \sqrt{3}$$

### 3.1.3. A földrengések hatásai az épületszerkezetekre

Az egyes építmények szeizmikus terhekkel szembeni ellenálló képességének vizsgálatához, és a javaslatokhoz elengedhetetlen a rengéshullámok épületszerkezetekre gyakorolt dinamikus hatásainak átfogó elemzése is. A földrengések primer hatása a lökéshullámok felszíni fizikai roncsoló hatásában, illetve a romosodás előidézésében nyilvánul meg. Emellett, az esetleges másodlagos hatások (tűzek kialakulása, földcsuszamlás, a közmű rendszerek károsodása, a kritikus infrastruktúrák sérülésből fakadó veszélyhelyzetek) a beavatkozási tevékenységek komplexitását követelik meg a mentésben és a kárelhárítás során is. Jelen dolgozat külön nem tér ki az óceáni hátságokon kipattanó földrengések másodlagos hatásaként jelentkező szökőárok romboló hatásának,

és az ellene való védekezés lehetséges eszközeinek tárgyalására, tekintve, hogy hazánk szempontjából nem jelentenek valós kockázatot.

A földrengéshullámok fizikai roncsoló hatása és az épület szerkezeti sérüléseinek mértéke közvetlen összefüggésben van az építmény elhelyezkedésével, ellenálló képességével és túlterheltségével, a teherhordó és egyéb épületszerkezeti elemek rugalmasságával, a földrengéshullámok erősségével, terjedési útvonalával, az epicentrum távolságával, az altalaji adottságokkal vagy a fentiekben felsorolt másodlagos hatások kialakulásával. [157; 282-283. o.] [158; 48. o.]

A földrengéshullámok, illetve a rengés következtében fellépő igénybevételek építményre gyakorolt károsító hatásait, illetve a tönkremeneteli mechanizmusokat az alábbi két aspektus szempontjából szükséges vizsgálni:

- a vízszintes irányú dinamikus terhelés következtében az egyes épületszerkezeti elemek sérülése (deformáció, leomlás, porladás, törés, összeomlás stb.),
- talajgyorsulásra bekövetkező szerkezeti viselkedés (elmozdulás, süllyedés, dőlés, borulás stb.), illetve az altalaj hatása a földrengéshullámok frekvenciájára.

### ***3.1.3.1.A rengéshullámok következtében fellépő horizontális terhelés***

Az épületszerkezetek tervezési szempontjainak vonatkozásában általános esetben a vertikális terhekkal szembeni ellenálló képességre hárul kiemelt figyelem annak érdekében, hogy az épület saját súlya mellett, a beltéri és meteorológiai terhekkal szemben is az épületszerkezet stabilitása biztosított legyen. A földrengések által keletkező felületi hullámok hatására az épületek alap viselkedése, hogy a talajjal együtt a hullámokkal azonos irányba és mértékben függőlegesen és vízszintesen eltolódnak. [11; 211. o.]. Tekintve, hogy a rengéshullámok függőleges irányú terhelése főként a vertikális irányú súlyterhelésben mutatkozik meg, az épületek függőleges terhekre történő méretezésükből eredően ellenállóak ezen, statikus teherként jelentkező igénybevételekre. Az épületekben bekövetkező földrengéskárok, illetve törési mechanizmusok esetén a rengéshullámok által keltett vízszintes irányú talajmozgás (eltolódás) okozta dinamikus igénybevétellel szükséges elsősorban számolni. A teherhordó szerkezeteken, illetve azok kapcsolódási csomópontjain létrejövő nyíró és hajlító igénybevétel egyik leggyakoribb okként nevezhető meg az épületszerkezeti elemek tönkremenetele, illetve az épületek összedőlése esetén. Többszintes épületek esetén mindehhez hozzájárul a tartószerkezeteken fellépő dinamikus terhelés hatására az egyes szintek elfordulásából eredő csavarónyomaték is. Ennek oka, hogy az épületek alaprajzi elrendezése a legritkább

esetben duplán szimmetrikus, valamint a teherviselő rendszer elosztása általában szintenként eltér, ezáltal a szeizmikus terhelés eloszlása, illetve az épület viselkedése is szintenként különböző [11; 67-69. o.]. A teherhordó falak szeizmikus terheléskor jelentkező dinamikai viselkedése esetén lényeges szempont, hogy a lökéshullámok általában az épület mindkét merev főirányába hatnak, amiből kifolyólag a hosszirányú főfalas és harántfalas épületszerkezetnél általában a merőlegesen ható erő vált ki súlyos károsodást. [11; 211. o.] Fontos tehát az épületek két főirányú merevségének megteremtése, valamint a nyíró igénybevételek okozta alakváltozásoknak ellenálló fal kapcsolatok biztosítása.

Az épületek szeizmikus terhek következtében történő összedőlését szintén okozhatja a rengéshullámok frekvenciájának és az épület sajátfrekvenciájának megegyezéséből eredő rezonancia, mivel az ily módon létrejövő magas rengés-amplitúdó miatt jelentős többletterhelés jelentkezik a teherhordó elemeken.

Az épületszerkezetek dinamikus terhelésre adott válaszai és tönkremeneteli mechanizmusai nagyban függenek az építés során alkalmazott építőanyagoktól és a konstrukciós technológiától. Téglafalazatú épületeknél például jellemző hatás a téglaelemek vízszintes irányú elválása, illetve eltolódása. [159; 2. o.] Mindez alapján a téglafalak állékonysága a habarcs és a téglafal törési szilárdsága közé esik. Amennyiben a habarcs szilárdsága túl magas, a rengéshullámok vízszintes erőkomponensei a téglafalazat ferde repedéssel történő tönkremenetelét idézheti elő. [12; 9. o.] Szintén külön kategóriát képeznek a szeizmikus igénybevételekkel szemben jól ellenálló vasbeton vázas épületek, valamint a kevert rendszerű épületszerkezetek. Utóbbi esetben jellemző probléma, hogy a beépített, egymástól különböző szerkezeti elemek (pl. téglafal és vasbeton pillérek) alakváltozási határértékei jelentősen különböznek. A téglafalakon jelentkező repedésekből és törésekből eredő tönkremenetel okán a vasbeton tartószerkezetek nem képesek helyettesíteni a téglafalazat merevítő funkcióját, előidézve a vízszintes irányú merevség drasztikus csökkenésével akár az épület összedőlését is. [11; 232. o.]

A földrengések okozta épületkárokról a közelmúltból példaként említhető a 2014. január 20-i, Richter-skála szerinti 4,3-as erősségű földrengés Nógrád megyében, ahol a beszámolók szerint főleg közoktatási és közösségi épületekben keletkeztek fizikai sérülések. Az eddigi földrengéskárok tapasztalatai alapján bizonyított tény, hogy az épület összeomlását az épületre ható túlterheltség is okozhatja (utólag beépített emelettel, elválasztó falakkal, körbe épített teraszokkal, belső raktározással stb.), mivel a

rengéshullámok, és a többletterhek együtteséből eredő terhelés meghaladja az épületszerkezet méretezéséből adott biztonsági határokat. Mindehhez hozzájárulhatnak még az alapozás, illetve az építőanyagok nem megfelelő megválasztásából eredő állékonysági hiányosságok is (lásd 2008-as szecsuanai és 2009-es l'aquilai földrengés). [158; 45-47. o.]

### ***3.1.3.2. A földrengések és talajviszonyok közti kölcsönhatás***

A földrengéshullámok hatásaiként kialakuló, a teherhordó szerkezetek károsodását, illetve statikai gyengülését előidéző nyírófeszültségek mellett, az épületszerkezetek súlyos mértékű roncsolódását a szeizmikus aktivitás következményeként a talajban létrejövő változások is előidézhetik. A terepszinthez közeli laza, üledékes talajrétegek a rengéshullámok amplitúdójának növekedését idézik elő, mivel adott térfogategységre eső szeizmikus energia a laza, porózus rétegekben megnő, ami egyben az építményekre ható dinamikus horizontális terhek növekedését is okozza. Ezen hatásért alapvetően a szilárd és üledékes talajrétegek közötti magas szeizmikus impedancia-különbség tehető felelőssé, mivel a földrengés epicentrumából a felszín irányába haladó rengéshullámok a változó összetételű talajrétegek határvonalán az üledékes réteg rezonanciáját idézhetik elő, ami szintén jelentősen felerősíti a talajmozgás, illetve rengéshullámok sebességét. Tekintettel arra, hogy Magyarország talajadottságait vizsgálva megállapítható, hogy az ország területének nagy részén fiatal, üledékes felszíni rétegsor található, a fenti jelenséggel hazánk területén is tényezőként kell számolni a földrengéskárok bekövetkezése esetén. [160; 3. o.] Mindemelllett, a földrengéskárok kialakulása során szintén fontos szempontként kell kezelni a talajfolyósodást is. A rengéshullámok hatására a laza szemcsés talaj tömörödése történik, ami által a vízzel telt hézagok térfogata lecsökken, és a pórusvíz nyomása megnő. Abban az esetben, ha ezen nyomás értéke meghaladja a felette helyezkedő rétegek nyomását, a talaj viszkózus viselkedése lép fel, és elfolyósodik, ami az építmények megsüllyedését, illetve összedőlését idézheti elő. Ezen jelenség különösen erősen fejti ki hatását az egyenetlen felszíneken. A földrengések által kiváltott talajfolyósodás következtében bekövetkező épületkárokra elhíresült példaként említhetőek az 1906-os San Franciscó-i és az 1999-es törökországi földrengés-katasztrófák, de megemlíthetjük a Magyarország területén kialakult 1763-as komáromi, 1810-es móri, 1911-es kecskeméti és az 1956-os dunaharaszti földrengések következményeit is. [161]

### 3.2. A földrengések előrejelzése

Tekintettel az épületszerkezetek szeizmikus jelenségek következtében megfigyelhető viselkedésére, a földrengéskárok megelőzésének aspektusából nagy hangsúllyal bír az előrejelzés, illetve a reagálási idő. A következőkben ezek részletes vizsgálatára kerül sor.

#### 3.2.1. A földrengés-kockázat és valószínűség megállapítása

A földrengések előre jelezhetősége a kutatók által máig az egyik legvitatottabb kérdéskör a természeti katasztrófákra való felkészülés témakörében. A tudományos értelemben is különbséget kell tenni egy adott területen keletkező, jelentős erősségű szeizmikus esemény, vagy eseménysorozat prognózisa, és a terület földrengés-kockázata, illetve az előfordulás várható valószínűsége között. Ez utóbbit tovább vizsgálva, mind a gyakorlatban és a szakirodalomban is, lényeges a földrengés-kockázat és a földrengés-veszélyeztetettség jelentésének megkülönböztetése. Előbbi esetében adott helyszínen, adott időtartam alatt, adott mértékű (erősségű) szeizmikus esemény bekövetkezésének valószínűségéről beszélhetünk, amíg a *földrengés-veszélyeztetettség a földrengés-kockázat mellett az adott területen található épített infrastruktúra és épületek sérülékenységet is magába foglalja*. [162; 1. o.] A földrengés-kockázat megállapításához az alábbi két módszer alkalmazható:

- determinisztikus módszer, amely az adott területen kialakuló, múltbeli szeizmikus tevékenység ismertségén alapul feltételezve, hogy a prognosztizálható földrengések erőssége és jellege megegyezik a már bekövetkezettekével, vagy
- valószínűségi földrengés-kockázat meghatározás, amely az adott területre érvényes földrengés gyakorisággal jellemezhető. [162; 2-3. o.]

A determinisztikus módszer elsősorban jól feltérképezhető, vetődéses szerkezetek esetén alkalmazható, melyek erős szeizmikus aktivitásuk révén megfelelő kiinduló adatmennyiséggel tudnak szolgálni. A mérsékelt szeizmikussággal jellemezhető területeken – így Magyarországon is – a földrengéskockázat meghatározására a valószínűségi számításra alapuló módszer a célravezető. Mindkét számítási eljárásban közös, hogy első lépésként a múltban keletkezett földrengések és tektonikai, illetve geodinamikai jellemzők alapján a lehetséges földrengésforrások zónájának (forrászónák) kijelölése történik meg. A valószínűségi számítási eljárás esetén a forrászónák olyan területeket jelentenek, amelyeken a kialakuló szeizmikus események mind jellemzőikben

és gyakoriságukban hasonlóak. Fontos továbbá megállapítani az egyes forráshónákra vonatkozóan a legnagyobb földrengés várható erősségét, amely ugyancsak a területen észlelt múltbeli szeizmikus aktivitás és történelmi földrengések adatain alapul, valamint a csillapodási összefüggések figyelembevételével a földrengés adott területen várható erősségét is. Ezen eljárások a valószínűségi földrengéskockázat megállapítására alkalmasak, azonban nem vonatkoznak konkrét szeizmikus jelenségek paramétereinek megállapítására, amellet, hogy számottevő mértékben kell kalkulálni a bizonytalansági faktorról is.

### **3.2.2. A földrengések valós idejű előrejelzése**

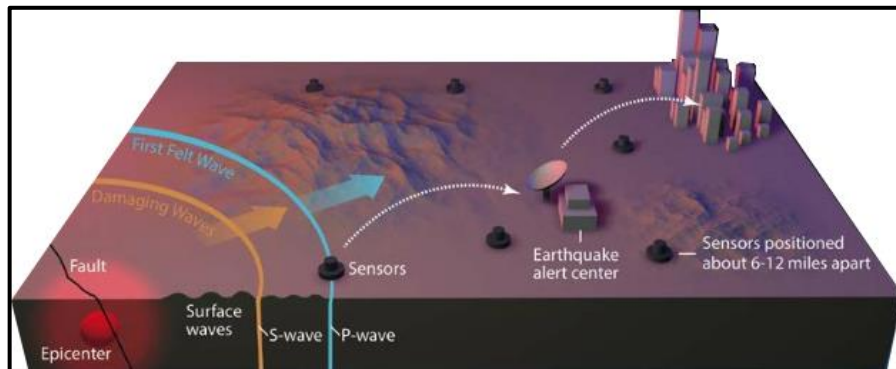
A földrengéseket kiváltó geofizikai folyamatok komplexitása okán a szeizmikus események hosszútávú, pontos előrejelzésére máig nem sikerült kollektíven alkalmazható, hatékony megoldást kifejleszteni. [163; 45. o.] A valós idejű előrejelzés terén azonban jelentős eredményeket sikerült elérni az elmúlt 25 évben, melyek fő célja azon időelőny biztosításában rejlik, amely a földrengés keletkezésétől a pusztításért felelős rengéshullámok (S-hullámok) energiájának felszínen történő megnyilvánulásáig tartó időtartamban mérhető. Az előrejelzésnek azért van nagy jelentősége, mert a lakosság szempontjából az időben megkezdett óvintézkedések növelhetik a biztonságukat, a károk pedig mérsékelhetőek. A fenti elven működő földrengés-riasztó rendszerek (earthquake early warning system, a továbbiakban: EEW) alapelemei a telepített mérőállomások, a valós idejű „real-time” adatsorok alapján a földrengés paramétereit kiszámító központi irányítórendszer, és a kommunikációs hálózat, valamint a lakosság figyelmeztetését biztosító rendszerek.

Az EEW hálózatok alapvetően két megközelítés szerint működtethetőek: a regionális, valamint a valós idejű, helyi „on-site” megfigyelés alapján. Előbbi esetén hagyományos szeizmológiai módszerekkel (pl. a felszínre, vagy a felszín alá telepített gyorsulásmérő berendezésekkel) lokalizálják a földrengés hipocentrumát, valamint megállapítják a rengés magnitúdóját.

A hálózat struktúrája úgy kerül kialakításra, hogy a földrengéshullámok előbb érik el a mérőállomás-hálózat elemeit, mint a lakott területeket, ezáltal az automatizált kommunikációs hálózatokon és riasztó berendezéseken keresztül időben van lehetőség figyelmeztető jelzéseket adni (45. sz. ábra). A potenciálisan erős rengéshullámok analízisa általában a P-hullámok karakterisztikája alapján történik. Ezen elven



funkcionáló EEW működik például Romániában, vagy az USA nyugati partján található szeizmikus zónában is.



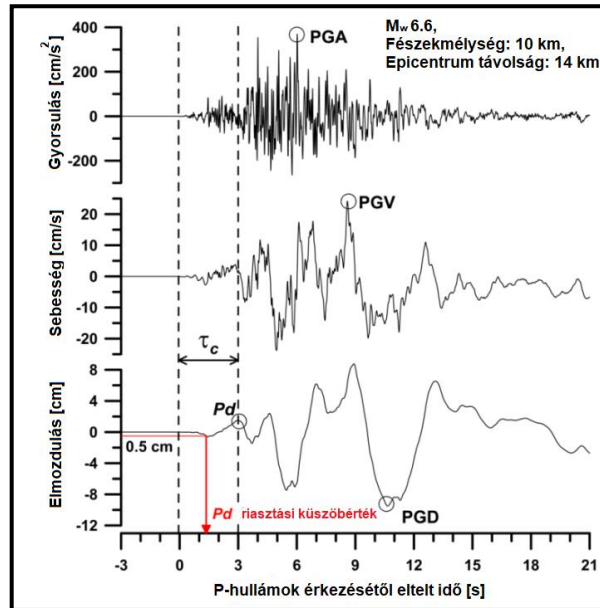
45. sz. ábra: A regionális elven működő EEW rendszer struktúrája az Egyesült Államokban működő hálózat mintája alapján

*Forrás: [164; 2. o.] Készítette: D.D. Given, E.S. Cochran, T. Heaton, et al*

A **valós idejű**, „on-site”-megfigyelés működési elvét tekintve a potenciális földrengés-forrás (pl. törésvonalak) közelébe telepített érzékelő eszközök révén a kezdeti P-hullámok által hordozott információkból az EEW rendszer kiszámítja az S-hullámok várható erősségét, a földrengés magnitúdóját, a földrengéshézagok mélységét, valamint az epicentrum várható pontos helyét. A távolságtól függően, néhány 10 másodperccel a csapást megelőzően – a regionális hálózatokhoz hasonlóan – automatikusan riasztást küld on-line kommunikációs hálózaton keresztül a hivatásos szervezetekhez, közlekedési irányító központokba, közműszolgáltatókhoz, erőművekbe, veszélyes ipari létesítményekbe, üzemekbe, kórházakba stb., ahol előre determinált protokollok, vészforgatókönyvek, illetve óvintézkedések lépnek érvénybe. TV-n, rádióon, interneten, mobil telekommunikációs hálózatokon, illetve mobiltelefonos applikációkon keresztül a lakosság nagy része is azonnali tájékoztatást kaphat a közlő veszélyről. Varga Péter szeizmológus megfogalmazása szerint az EEW rendszerek gyakorlatban megvalósult célja valójában nem is prognosztizálás, hanem a figyelmeztetés. [156]

Az EEW rendszerek működésében a kezdődő P-hullámokból származtatott két legfontosabb fizikai paraméter az S-hullámok adott helyen mért ereje, és a földrengés magnitúdója. Előbbi összetevői a talajszinten mért maximális gyorsulás (peak ground acceleration, PGA), a legnagyobb talajsebesség (peak ground velocity, PGV) és a legnagyobb elmozdulás (peak ground displacement, PGD). A maximális gyorsulás értékének műszeres megállapításából egyszeres és kétszeres integrálással kiszámítható a

sebesség, valamint az elmozdulás (46. sz. ábra), illetve ezek szélsőértékei (PGA, PGV és PGD).



46. sz. ábra: A gyorsulás, sebesség és elmozdulás függőleges komponensei a 0-3 s alatti periódus ( $\tau_c$ ) maximális elmozdulásának ( $P_d$ ) megállapítására a 2007-es Niigataken Chuetsu-Oki földrengésnél

*Forrás: [165; 3. o.] Készítette: Yih-Min Wu, Hiroo Kanamori, Szerkesztette: a szerző*

A magnitúdó meghatározásához fontos információ, hogy a törési folyamat mikor fejeződik be. Mindez a P-hullámok karakterisztikájából megállapítható, mivel a rövid ideig tartó jelenségek rövid, a hosszabb időtartamú események pedig hosszabb periódusú kezdő mozgással jellemezhetőek. A földrengés magnitúdója a P-hullámok kezdeti néhány másodperces időintervallumának átlagos periódus paraméteréből ( $\tau_c$ ) számolható ki, ami a P-hullámok egy meghatározott időkeretében mérhető frekvenciatartományából, az alábbi összefüggés alapján írható fel:

$$\tau_c = \frac{1}{\sqrt{\langle f^2 \rangle}} = \frac{2\pi}{\sqrt{r}}$$

ahol:

$\langle f^2 \rangle$ : az átlagos földrengéshullám frekvenciájának négyzete a talajelmozdulás spektrumának négyzetével súlyozva;

r: a talajsebesség és talajelmozdulás integráltjainak aránya.

Tekintve, hogy a  $\tau_c$  a magnitúdó erősségével arányosan változik, az észlelt szeizmikus esemény magnitúdójának prognosztizált értéke lineáris regresszió modell alapján

számítható ki. Mindezt megerősítette Masumi Yamada és Jim Mori szeizmológiával foglalkozó kutatók 24 darab, 6 M erősséget meghaladó eseményre kiterjesztett elemzése, melyben bizonyították, hogy amennyiben a kezdőmozgás periódusideje magas, akkor a felszínen erős megrázkódtatás, illetve jelentős elmozdulás mérhető, ha viszont  $\tau_c$  értéke alacsony, akkor csekély magnitúdójú földrengés, vagy egy későbbiekben kialakuló, erősebb földrengés előrengései várhatóak. [166; 2-5. o.]

A felszínen jelentkező rázkódás erejét döntően meghatározó S-hullámok maximális talajsebessége a ( $\tau_c$ ) intervallumban mért legnagyobb elmozdulásból ( $P_d$ ) és a várható legnagyobb elmozdulás értékéből számolható vissza. *Mindennek fontos szerepe* van a helyszínen található létesítmények vagy épületek veszélyeztetettsége és védelme szempontjából. Yih-Min Wu és Hiroo Kanamori szeizmológusok japán, taiwani és dél-kaliforniai eseteket vizsgálva rámutattak arra, hogy amennyiben a P-hullámok beérkezésétől számított 3 másodperc időintervallumban az elmozdulás szélsőértéke ( $P_d$ ) meghaladja a 0,5 cm határértéket ( $P_d \geq 0.5$  cm), akkor pusztító erejű földrengés várható és a rendszer azonnal riasztást generál, amivel további értékes másodpercek nyerhetőek. [165]

Az EEW rendszerek alkalmazásának vonatkozásában a főbb általános hiányosságok, illetve technikai korlátok között említhetőek az alábbiak:

- az epicentrum közvetlen közelébe eső településeken, ahova az S-hullámok másodpercek alatt elérnek, kérdéses, hogy a rendszer gyorsasága elegendő-e a riasztások és az óvintézkedések végrehajtására,
- amennyiben azonos forráshelyen, rövid időintervallum alatt kettőnél több földrengés alakul ki egymást követően, az egyes események megkülönböztetéséből fakadó problémák téves „output” adatokhoz vezethetnek,
- a 7 M-nél erősebb földrengések esetén a kőzetlemezekben végbemenő törési mechanizmus általában 10 másodpercnél tovább tartanak, ezért a törés korai fázisából eredő adatok a földrengés magnitúdójának és intenzitásának alulbecslését eredményezhetik. [167; 73-74. o.]

Utóbbi problémából kiindulva, az elmúlt évtizedekben számos elmélet látott napvilágot a szeizmológusok körében a P-hullámok kibocsátásának kezdeti fázisa, és az adott szeizmikus esemény maximális magnitúdójának determinisztikus kapcsolatáról a törési folyamat befejeződését megelőzően. Erik L. Olson és Richard M. Allen geofizikusok a földrengéseket megelőző törések determinisztikus összefüggéseit vizsgálva

megállapították, hogy a törés kezdő fázisában kibocsátott szeizmikus energia frekvenciájából – a törési folyamat végbemenetelét megelőzően – következtetni lehet a magnitúdójának nagyságára. Vizsgálatuk során nagy magnitúdójú japán, tajvani, kaliforniai és alaszakai földrengések kezdeti P-hullámainak vertikális sebesség komponenséből kiszámították a domináns periódus paramétert ( $\tau_p$ ), majd a P-hullámok észlelésétől számított 0,05-4 s időintervallumban a  $\tau_p$  csúcsertékét ( $\tau_p^{\max}$ ), ami alapján a vizsgált események végső magnitúdói és a  $\tau_p^{\max}$  értékek között nagyon magas, 0,9-es lineáris összefüggési együtthatót állapítottak meg. [168; 212-214. o.] Módszerük bizonyíthatóságát Paul Rydelek és Shigeki Horiuchi cáfolta, mivel Japánban kipattant földrengéseket (6-8 M) elemezve nem találtak összefüggést a végső magnitúdó és  $\tau_p^{\max}$  értéke között. [169; 6. o.]

A földrengések kezdeti P-hullámainak karakterisztikájának, illetve a kezdőmozgás periódusidejének megfigyelésén és vizsgálatán alapuló előrejelzési módszer hazai viszonylatokban is eredményes lehet. A rendszer adaptálása és bizonytalanságainak minimalizálása érdekében fontos a tudományos háttér és az esetleges technológiai korlátok pontos ismerete, amelynek átfogó, elemző tárgyalására az előbbieken sor került. Az adaptálás, illetve hazai gyakorlatban történő alkalmazás lehetőségeinek és legjobb módszerének megvalósításához szükséges a releváns nemzetközi tapasztalatok körüljárása is. A továbbiakban a világon működő, néhány olyan EEW rendszer bemutatására és elemzésére kerül sor, amelyek meghatározóak a valós idejű földrengés-előrejelzés fejlődésében és továbbfejlesztésében, valamint működésük olyan tudományosan megalapozott eljárások és módszerek szerint történik, melyek áttörést jelenthetnek a jövőben a földrengéskárok mérséklése, és elsősorban az áldozatok számának szignifikáns csökkentése terén.

### *EEW rendszer Japánban*

A Japánban működő földrengés-riasztó rendszer 2007-től funkcionál országos lefedettséggel. A potenciális hipocentrumok közelébe telepített, több mint 1000 mérőállomásból álló, komplex szeizmológiai hálózaton keresztül a rendszer a kezdeti P-hullámokból nyert információk alapján határozza meg a várható szeizmikus esemény legfontosabb paramétereit. A japán EEW hálózat a felszíni maximális talajsebességből empirikus számítások alapján következtet a földrengés várható intenzitására is. A hivatásos szervek, közlekedési társaságok, ipari létesítmények stb. irányába történő riasztás az alábbi három fázisban valósul meg:

1. Amennyiben a földrengés becsült magnitúdójának értéke meghaladja a 3,5-öt, a rendszer egy előzetes figyelmeztetést generál, illetve közöl.
2. A rendszer további számításokat végez, és aktualizálja az előzetes figyelmeztetést, amennyiben releváns változást mér a földrengés ereje és hipocentrumának pozíciója vonatkozásában.
3. Végül, a P-hullámok érzékelését követően, bizonyos idő elteltével, illetve amikor a magnitúdóra vonatkozó becslések stabilizálódnak, egy utolsó figyelmeztetés kerül kibocsájtásra.

A rendszer a lakosságot telekommunikációs eszközökön keresztül tájékoztatja a földrengés paramétereiről, illetve a potenciális veszélyről. Japán elektronikai cégek kifejlesztettek olyan on-line modulokat, amelyek felugró ablakokon keresztül hangjelzéssel, és az S-hullámok érkezéséig visszaszámlálóval figyelmeztetik a felhasználókat. A lakosság felé irányuló információk eljuttatása a limitált felhasználókhhoz hasonlóan, 3 fázisban történik. [167; 73-74. o.]

#### *EEW rendszer Tajvanon*

Tajvan a világ egyik vezető országának számít a földrengés-riasztó, illetve előrejelző rendszerek alkalmazása és fejlesztése terén. Jelenleg a szigetországban telepített mérőállomásokon észlelt jelek két, egymással párhuzamosan működő elemzési folyamat mentén kerülnek kiértékelésre.

Az egyik egy regionális megközelítéssel működő EEW rendszer alapján funkcionáló virtuális alhálózat (virtual sub-network, a továbbiakban: VSN), amely valós idejű előrejelzést, illetve riasztást képes generálni az epicentrumtól 70 km-re eső lakott területeken. A VSN rendszer 2001-es indítása óta több száz 4,5 M-nél erősebb földmozgást azonosított alacsony pontatlanság mellett. Tekintve azonban, hogy limitált hullámhosszúságú jelek alapján végzi a számításait, az erősebb földrengések esetén ( $M > 7$ ) a magnitúdót alulbecsülheti, amire volt már precedens a korábbiakban.

A másik szimultán zajló elemzési folyamat a P-hullámok korai megfigyelésén alapul. Amennyiben a vizsgált időintervallumban a maximális elmozdulás meghaladja a 0,1 cm-t, az automatizált rendszer a már ismert algoritmus szerint kiszámítja a földrengés magnitúdóját, és abban az esetben, ha meghaladja a 6-os értéket, a rendszer rengés-térképet generál. Emellett, az illetékesek tájékoztatást kapnak a közelgő földrengés releváns paramétereiről is. Tekintettel arra, hogy a lakosság pánikhelyzetre való

felkészítése, illetve oktatása még további kutatásokra, vizsgálatokra és intézkedések megtételére szorul, a tajvani EEW rendszer nem küld lakossági felhasználóknak riasztást, csakis a biztonsági intézkedések megtétele szempontjából fontos szervezeteknek, központoknak vagy vállalatoknak továbbít figyelmeztetéseket. [170; 1. o.]

#### *EEW rendszer az USA-ban*

Az Egyesült Államok Geológiai Szolgálat (United States Geological Survey, USGS) egyetemi partnerekkel együttműködve fejleszti és működteti az USA nyugati partján működő, „ShakeAlert” névre keresztelt, regionális földrengés-riasztó rendszert, amely 2012. januárjában lett élesítve. Működési elvét tekintve a ShakeAlert is a P-hullámok detektálásából nyert információk alapján számolja ki a földrengés magnitúdóját, kipattanási helyét és az érintett területekre vonatkozó, várható felszíni talajgyorsulás értékeit. A rendszer figyelmeztetéseket ad ki azon területek vonatkozásában, ahol a gyorsulás értékek meghaladják a határértékeket. Az előrejelzés – az epicentrumtól való távolság függvényében – az S-hullámok érkezését megelőzően néhány másodperctől néhány tíz másodpercig tartó időtartamig terjedhet. [164; 1-3. o.]

#### *EEW rendszer Romániában*

Románia szeizmikus veszélyeztetettségét főként a Kárpát-kanyarulat vidékén található Vránca megye területére koncentrálódott földrengések határozzák meg (lásd 1977-es, Bukarestben katasztrofális károkat okozó, 7,5 M erősségű földmozgás epicentruma). A „Vránca zóna” szeizmotektonikai karakterisztikája jól lehetővé tette egy nagyteljesítményű, regionális mérőhálózat kiépítését, amely 25 másodperccel a román főváros határát elérő S-hullámok érkezését megelőzően riasztást tud generálni. A román regionális EEW hálózat részeként a P-hullámok detektálása két, egymástól 8 km távolságban levő zónában elhelyezett, (összesen három darab) gyorsulásmérővel történik Vránca megye határain belül. A mérési információk a vráncsai megfigyelő központba továbbítódnak, ahol automatikus szoftveres analízisen esnek át. A szeizmikus esemény adatérvényesítésének feltétele a mindhárom mérőeszköz általi detektálás. Az értékelés eredménye rádiós összeköttetésen keresztül továbbítódik a bukaresti központba, ahonnan a felhasználókhöz TCP/IP kommunikációs hálózaton keresztül 8 különböző szintű figyelmeztetés juthat el rövid időn belül. [171; 346. o.]

### *Földrengés-riasztó rendszer (Seismic Alert System, SAS) Mexikóvárosban*

A SAS rendszert 1991-ben telepítették Mexikó fővárosában, a világ első olyan földrengés-riasztó rendszereként, amely egyben a lakosság közvetlen figyelmeztetését is ellátta. Tekintve, hogy a Mexikói-medencét fenyegető földrengések nagyrészt a Csendes-óceán partvidékén húzódó szubdukciós zónában alakulnak ki, a távolság és a terjedési sebesség függvényében a pusztító erősségű rengéshullámok kb. 80 másodperc alatt érik el a fővárost. A komplex rendszer ezért úgy lett tervezve, hogy a riasztási rendszeren keresztül a P-hullámok szeizmográfus monitorozásán, illetve a rengéshullámok vízszintes és függőleges komponenseinek gyorsulási adatain alapulva többszintű riasztást adjon minimum 60 másodperccel az S-hullámok érkezését megelőzően. A legerősebb földrengés, amit a rendszer sikeresen előre jelzett (72 másodperccel a felszíni hatásokat megelőzően) az 1995-ben kipattant, guerreroi epicentrumú, 7,3 M erősségű földrengés volt. A lakosság riasztási hálózaton keresztül (tömegközlekedési eszközökön, TV-n, rádióon keresztül, iskolákban és más állami intézményekben stb.) több, mint 4 millió ember kapott riasztást a közelgő veszélyről, így az áldozatok számát sikeresen minimalizálták. Az elmúlt évek során a SAS jelentős fejlesztéseken esett át, aminek köszönhetően minimális hibaarány, illetve fals riasztás mellett képes ellátni feladatát. [172; 3-7. o.]

A fentiek mellett, a földrengések kialakulását megelőzően az aktív vetődési zónákban a törésvonalak mentén zajló folyamatok folyamatos műszeres megfigyelésével is prognosztizálhatóak a földrengések még keletkezésük előtt. Mindezt a következő, törökországi példa is alátámasztja:

### *Az 1999-es izmiti földrengés (Törökország)*

Svájci kutatók két évvel az Izmitben kipattant, 7,4 M erősségű földrengést megelőzően figyelmeztettek a várható katasztrófára. A szakemberek műholdas megfigyeléssel követték az anatóliai és eurázsiai lemezek mozgását, ami alapján kiszámolták a feszültség-felhalmozódás mértékét. [16; 853. o.] Az 1999-es katasztrófával kapcsolatban további előzetes vizsgálatok eredményei láttak napvilágot, amelyek jelentős lépést jelenthetnek az eredményes megelőzés felé. Francia és török geológusok megfigyeltek a kéreglemezek törését megelőzően egy 44 percig tartó, törésvonal mentén zajló, egyedi – azelőtt nem észlelhető – szeizmikus jeleket kibocsátó, szakaszosan csúszó folyamatot. [173; 877. o.]

### 3.2.3. A földrengések előrejelzésének lehetőségei hazánkban

Jelen fejezetben a fentiek tükrében vizsgálom a földrengés-előrejelzés hazai megvalósításának lehetőségeit.

Magyarország területének méretét, településhálózatát, szeizmikus aktivitásának inhomogén eloszlását és lemeztektónikai adottságait figyelembe véve – főként a prognosztizálható epicentrumoktól való kis távolságok okán – valamennyi nagyvárosunk valós idejű földrengésriasztással történő figyelmeztetése nem megvalósítható.

A szeizmikusan aktív zónák, illetve a hazánk területén lokalizált jelentősebb földrengések epicentrumai alapján a Móri-árok és a Nógrád megyei Cserhátsurány környékén kipattanó, esetlegesen a lakosság életét veszélyeztető földrengés valós idejű előrejelzésének lehetőségét vizsgáltam meg, elsősorban Budapest szempontjából. Tekintve, hogy hazánk geodinamikai környezetében nincsenek jelentős törésvonalak, vagy szeizmikusan magas aktivitású vetődési zónák, a regionális megfigyelő állomás hálózaton és a hozzá tartozó informatikai és kommunikációs háttérrel keresztül működő riasztó rendszer alkalmazása lehet célszerű, amennyiben a földrengések jövőbeni előfordulásai ezt szükségessé teszik. Megjegyzem ugyanakkor, hogy a jelenlegi földrengés-kockázat tudatában az előzőekben nemzetközi példákon keresztül bemutatott EEW rendszereknek Magyarországon elsősorban a kritikus infrastruktúrák, létfontosságú rendszer elemek, illetve veszélyes ipari létesítmények (pl. Paksi Atomerőmű) földrengések által előidézett üzemzavarainak elkerülése okán lenne relevanciája.

A fővárostól légvonalban kb. 75 km-re levő Móri térségben, valamint a kb. 60 km-re fekvő Cserhátsurányban feltételezett epicentrumú, ~6 M erősségű földrengés keltette transzverzális rengéshullámok kb. 20, illetve 16 másodperc alatt érik el Budapest lakott területeit. Előbbi esetben a neogén és mezoikumi üledékes kőzetek elősegítik a hullámok terjedési sebességének növekedését, amíg a Cserhátsurány környezetében található harmadkori vulkanikus kőzetek az északi irányból érkező hullámokat lassítják (8. sz. melléklet). A rendelkezésre álló időelőny tehát, egy többszintes épület biztonságos elhagyására, illetve evakuálására nem elegendő. A polgári lakosság riasztása esetén időnyerési lehetőséget jelenhetnek a veszélyeztetett térségben lakók figyelmeztetési módjának alábbiakban felsorolt legkézenfekvőbb és leggyorsabb megoldásai:

- mobiltelefonos applikáción keresztül online figyelmeztetés, amely az eszköz ébresztő funkcióját aktiválva lehalkított, vagy „néma” üzemmódban is jelzést ad,



- a távközlési szolgáltatókon keresztül azonnali szöveges üzenet küldése a közlő veszélyről,
- a polgári védelem riasztó rendszerén keresztül (tekintve, hogy a standard katasztrófariadó jel nem különbözteti meg a veszély típusát, külön hangséma definiálása szükséges földrengés esetére), amely kiterjed szirénás, valamint televízió és rádió keresztül előre rögzített szöveges közléssel történő riasztásra.<sup>10</sup>

A polgári lakosság riasztásának nagyon fontos aspektusa a követendő magatartási szabályok meghatározása, oktatása és tesztelése már a felkészülési időszakban. A Tajvanban üzemben lévő EEW rendszer példája is mutatja, hogy a publikus riasztás csakis kizárólag megfelelő felkészítés, és a lakosság várható reakciónak feltérképezése mellett alkalmazható, ellenkező esetben a pánikszerű és szervezetlen reakciók miatt rendkívül kockázatos egy nagyváros esetében. A civil lakosság felé történő tájékoztatásnak célszerűen tartalmaznia kell az alábbiakat:

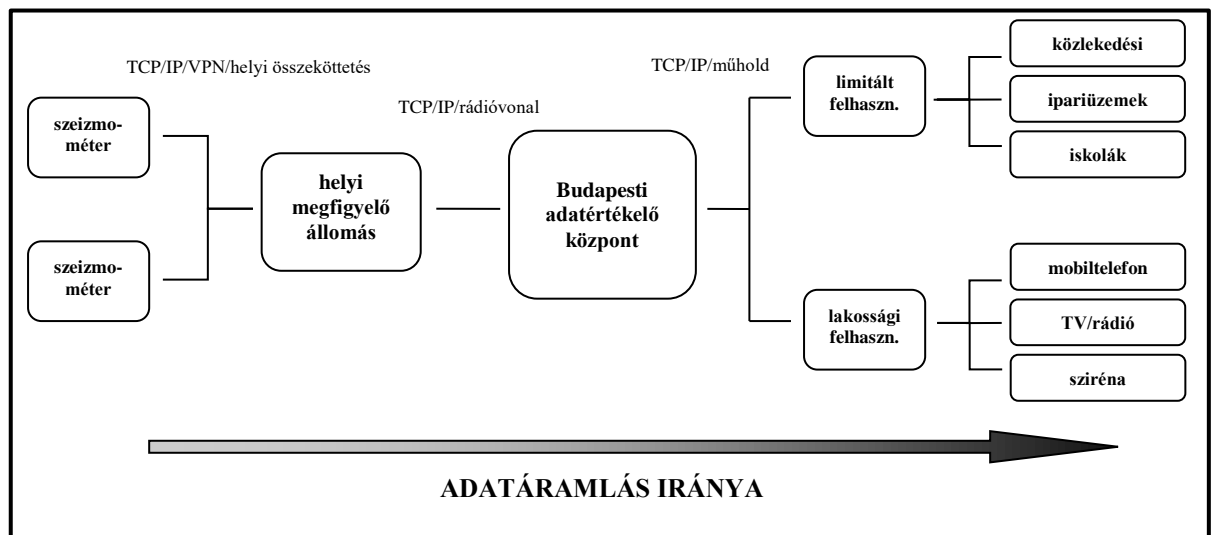
- a földrengés lokális magnitúdóját,
- epicentrumának helyét és
- rövid szöveges instrukciókat.

*A riasztás másik célcsoportjaként, „limitált felhasználóként” említhetőek a hivatásos szervek, közlekedési társaságok, sportlétesítmények, ipari létesítmények, veszélyes ipari létesítmények, irodaházak, közoktatási intézmények stb. Ezen létesítményekben előre meghatározott protokolloknak megfelelően, részben automatizált mechanizmusok biztonsági műveleteket aktiválnak (pl. vasúti szerelvények leállítása kisiklás megelőzésére, liftek leállítása, ipari létesítmények biztonsági üzemmódba való átállása stb.). Mind a limitált és a publikus figyelmeztetésnél is fontos szempont, hogy a riasztások államilag koordinált, díjmentes szolgáltatás keretében elérhetőek legyenek. A költséghatékonyság miatt, valamint a települések zavartalan működése szempontjából fontos továbbá, hogy a téves riasztások minimalizálása a megfelelő szoftveres algoritmusokkal, több mérőeszköz információinak feldolgozásával és rengéstérképek generálásával megelőzhetőek, illetve minimalizálhatóak legyenek. A költséghatékonysági szempontok érvényesítése a megvalósítás keretében is adottak.*

<sup>10</sup> A polgári védelmi sziréna rendszer – elavultsága okán – földrengés-riasztásban történő alkalmazása a sziréna rendszer korszerűsítését is szükségelteti.

Mindehhez szükséges megvizsgálni a meglévő szeizmológiai mérőállomás hálózat elemeinek a valós idejű előrejelző rendszer infrastruktúrájába való integrálásának lehetőségét (erre jó példaként említhető a Kaliforniában és Japánban működő EEW hálózat, amelyben az érzékelés, adatfeldolgozás, és riasztás korszerű formái integrált rendszerként működnek).

A fentiekben bemutatott szempontok figyelembevételével az alábbi elvi működési sémán (47. sz. ábra) bemutatott *konceptió megvalósítását javaslom*. A budapesti monitoring, illetve értékelő központhoz további helyi megfigyelő állomások csatlakoztathatóak. A lakosság irányába történő publikus figyelmeztetés lehetőségei és várható következményei azonban specifikus elemzéseket igényelnek.



47. sz. ábra: Javasolt magyarországi EEW rendszer elvi felépítésének sémája  
Készítette: a szerző

A rendszer fejlesztése, valamint az országhatáron kívülről érkező földrengés általi fenyegetés azonosítása érdekében a budapesti központot célszerű a SAFER (Seismic Early Warning for Europe) névre hallgató, Európai Unió program keretében működő EEW hálózattal (pl.: Nápoly és Bukarest) is összekapcsolni. Ennek bevezetéséhez, és az országos lefedettség megteremtéséhez további kutatások szükségesek.

Fontos leszögezni, hogy az elmúlt évtizedek során a földrengések lehetséges előrejelzésének fejlesztése terén elért számottevő eredmények mellett, hogy kollektívan működő, megbízható előrejelzéssel önmagában a megfelelő védelmi szint nem biztosítható. Tekintve, hogy a lemeztectonikai folyamatok mesterséges befolyásolására nincs mód, a pusztító erejű szeizmikus jelenségek elleni védelem elsősorban a

földrengések fizikai hatásainak ellenálló építészeti technológiákkal valósulhat meg. A továbbiakban ennek részletes vizsgálatára kerül sor.

### **3.3. A földrengésálló építkezés múltja**

Annak ellenére, hogy a magas földrengés-kockázattal bíró területeken elhelyezkedő települések megelőző szemléleten alapuló földrengés-biztonsága terén a tudatos méretezési és építészeti eljárások megjelenése, illetve elterjedése jelentettek áttörést, a szeizmikus hatásoknak ellenálló, tudatos építkezés egyes térségekben évszázados múltra tekint vissza. A rendkívüli szeizmikus aktivitással jellemezhető cirkumpacifikus övezet található Fülöp-szigeteken már a XV. század kezdetétől alkalmazták a földrengés hatásainak ellenálló építészeti módszereket. A filippínó bennszülött lakosság által a „bahay-na-nipa” és „bahay kubo” elnevezést kapott, főként egy légtérű nádtetős bambuszkunyhók akár a rendkívüli erősségű, magnitúdó skálán 7-8-as fokozatú szeizmikus események esetén is biztonságot nyújtottak lakosaiknak. A kunyhók szerkezetének alapelve abban rejlett, hogy a bambuszból épített falaktól függetlenül a tetőszerkezet dúcalátámasztást kapott. Mindez lehetővé tette az építmények megfelelő rugalmas viselkedését az erős rengéshullámok esetén is. Ezen alapelveket követve, a későbbiekben a bambusz és nádtető helyett már fagerendákból és cseréptetőkkal épített házakat kezdtek építeni. Az idegen telepések megjelenésével, illetve az építészeti kultúra fejlődésével egyidejűleg a korábbi „bahay-na-nipa” kunyhókat fokozatosan felváltották a jóval masszívabb és nagyobb, kőből és téglából épített, többszintes „bahay-na-batok”, amelyek tetőszerkezetei az eredeti koncepciót követve könnyű faszervezet beépítésével lettek függetlenítve a nagyobb merevségű falszerkezettől. A bahay-na-batok mindmáig hatékonyan funkcionálnak a földrengések pusztító hatásaival szemben a délkelet-ázsiai szigetországban. [180; 307. o.]

A földrengésálló építkezési technológiák alkalmazása terén globális szinten a XX. század kezdete jelentette a fordulópontot. A századfordulót megelőző, súlyos következményekkel járó földrengés-katasztrófák egyértelművé tették, hogy a gravitációs és meteorológiai terhek mellett a szeizmikus hullámok által indukált statikus, vízszintes irányú igénybevételekkel szembeni ellenálló képességgel is számolni kell az egyes építmények tervezése során a potenciális erőhatásnak megfelelő rugalmas építészeti megoldások alkalmazásával. Az első írásos irányelv erre vonatkozóan Olaszországban született meg az 1908-as messinai földrengés-katasztrófát követően. Az olasz kormány által felállított bizottság az épület összes súlya 10 %-ának megfelelő vízszintes irányú

erőhatásokkal szembeni ellenálló képességet határozta meg tervezési alapként, ami egyben alapul szolgált a világon elterjedt – és máig alkalmazott – további tervezési szabványoknak is. [181]

### **3.4. A károk mérséklésének megelőzése korszerű technológiai megoldásai**

A szeizmikus jelenségek jellemzői, valamint a földrengés-katasztrófák tanulságai alapján nem nehéz levonni azt a következtetést, hogy a földrengéskárok megelőzésének alapkoncepciója szerint az egyes építményeket úgy kell tervezni, megépíteni és a felhasznált építőanyagot megválasztani, hogy az adott területre vonatkozó valószínűségi kockázatelemzés alapján prognosztizálható földrengés által kiváltott terheknek az építmények jelentősebb károsodás nélkül ellenálljanak. Mindemellett, fontos továbbá figyelembe venni a vizsgált terület talajösszetételét és talajadottságait is. A hosszú évtizedek során kialakult tervezési gyakorlat, illetve a szeizmikus események közvetlen hatásainak tapasztalatai alapján az újonnan épülő építmények rengéshullámokkal szembeni rezisztenciájának megvalósítása az alábbi három megközelítés mentén történhet:

1. az épületszerkezetek szeizmikus terhekre történő méretezésével (Európai Unió szabványcsomag: Eurocode 8);
2. az épület talapzatába épített szeizmikus szigeteléssel, illetve csillapító szerkezetekkel (Base Isolation);
3. olyan aktív rendszerek beépítésével, amelyek a szeizmikus energia terhelését kiegyensúlyozzák (leg híresebb példa a tajvani Taipeii 101 toronyház, melyben az épület kilengéseit egy felső szinteken elhelyezett ingás tömegszabályozó rendszer egyenlíti ki).

#### **3.4.1. Az épületek szeizmikus terhekre történő méretezése**

A magyarországi építmények földrengésekre való tervezésére vonatkozó első, nem kötelező ajánlás a MI-04-133-81 számú Műszaki Irányelv volt, amelyet csak nagyon ritka esetben vettek figyelembe az építések során, ugyanakkor, később a panel-szerkezetes technológiával épült épületekre kötelező érvényűvé vált. [182; 1. o.] Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 1998. január 1-től írja elő az építményekkel szemben támasztott általános követelmények között a szeizmológiai terhelésnek való megfelelést. [183; 60. § (1)] Emellett az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 53/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet

is kötelezően előírta az épületek földrengésekre való, vonatkozó szabványok szerinti tervezését. Az érvényes magyar szabvány (MSZ EN 1998-1) ugyanakkor csak 2009. január 1-jén lépett érvénybe az Európai Unió egységes földrengés szabványa (Eurocode 8) alapján. A hazai irányelv Nemzeti Mellékletében határozták meg javaslatként a tervezésnél mérvadó talajgyorsulási referenciaértékeket. Megjegyzendő, hogy a MI-04-133-81 számú Műszaki Irányelv jóval kisebb alapkőzet-gyorsulási értékeket tartalmazott. A már megépült épületek értékelésére és helyreállítására vonatkozó Eurocode 8-3 szabvány is (MSZ EN 1998-3:2011) 2011-ben lépett hatályba Magyarországon.

Az Eurocode 8 hazai bevezetése jelentősen vitákat váltott ki a szakemberek körében. Az új tervezési irányelvekkel kapcsolatos ismeretek és tapasztalatok hiánya mellett, számos kritika fogalmazódott meg a szabvánnyal kapcsolatban. A Magyar Betonelemgyártó Szövetség (MABESZ) véleménye alapján a Nemzeti mellékletben megadott talajgyorsulási értékek a reálisnál jóval nagyobb veszélyeztetettséget irányoznak elő, ami aránytalanul, illetve indokolatlanul megnöveli az épületek építési költségeit. Véleményük szerint további probléma forrása, hogy a felsőoktatási képzések során is csekély hangsúlyt fektetnek a szeizmikus terhekre történő méretezéssel kapcsolatos szabványok ismeretére, illetve gyakorlati alkalmazására. Az előbbi szempont tekintetében, a nemzetközi (német, osztrák és svájci) gyakorlaton alapulva – az MSZT Nemzeti Szabványügyi Bizottság egyetértésével – hivatalos állásfoglalásában javasolta, hogy az épületszerkezetek szeizmikus hatásokra történő méretezésekor a 30%-os túllépési valószínűséghez tartozó, a csúcsgyorsulás 0,7-szeres értékét vegyék alapul méretezéskor. [184] A Magyar Tudományos Akadémia professzora, Dr. Dulácska Endre véleménye szerint a kármegelőzés azon alapelve, miszerint a megelőzésre szánt költségek optimálisan nem haladják meg a megelőző védelmi intézkedések hiányában bekövetkező kárköltségeket, nem teljesül a Nemzeti Mellékletben javasolt mértékadó értékek okán. Ennek fényében megvizsgálták a megadott referencia-gyorsulás értékekkel összefüggő építési költség-többleteket, amely során kimutatták, hogy az építési volumen 2012-es helyzetéhez mérten az Eurocode 8 szerint történő tervezés mintegy százszorosa a költség optimum alapján indokolt összegnek. Dr. Dulácska elemzése során az alábbi kritikákat fogalmazta meg:

- félreértelmezésből eredő problémák okán a mértékadó gyorsulási értéknél sokan nem vették figyelembe az adott építmény tervezési élettartamát, [182; 4. o.]
- a földrengés erő meghatározásához a csúcsgyorsulás helyett az effektív gyorsulás értékkel való kalkuláció lenne szükséges,

- tekintve, hogy a tényleges gyorsulási hatást a pozitív és negatív hullámok különbsége és egymáshoz képesti eltolódása teszi ki, a csúcsgyorsulás értékek mindössze kb. 25-35 %-a tükrözi a valós biztonsági szintet. [182; 7. o.]

A Magyar Mérnöki Kamara kezdeményezésére indított, valószínűségi megközelítéssel kalkuláló matematikai vizsgálat Poisson-eloszlás alapján szintén kimutatta, hogy a szabványban meghatározott gyorsulásértékek többszörösei az alátámasztottan indokolt értékeknek. Mindemellett, a BME Matematikai Intézet Stochasztikai Tanszéke szakvéleményében az épületfontossági szorzó számítási metodikájában is más számítási művelet alkalmazását tartotta indokoltnak. [185]

A méretezés alapjául szolgáló, szükséges biztonsági szint meghatározásánál szintén fontos tényező az emberi életek védelme, ami esetenként teoretikusan indokoltá teheti a magasabb építési költségeket eredményező és szigorúbb referenciaértékek alapján történő tervezést. A magyarországi mérsékelt veszélyeztetettség alapján, az építmények súlyos károsodása elleni megfelelő biztonsági szintet nyújtó méretezési mutatók, illetve alapelvek a lakosság életének és testi épségének megóvására irányuló védelmi kritériumoknak is eleget tesznek, tehát az életvédelmi szempontok sem teszik szükségessé az Eurocode 8-ban eredetileg rögzített, a reális veszélyeztetettség alapján indokolt gyorsulásértékek alkalmazását. Más megközelítésben, az Eurocode 8 hazai bevezetése egyben azt is jelentette, hogy az újonnan épülő épületek földrengés-biztonsági szempontok alapján bőven megfelelnek a kritériumoknak, sőt, az optimális ráfordítás szempontjából vizsgálva a méretezési és konstrukciós előírások túlzónak bizonyulnak. Ugyan ezen építmények jelentős mértékű földrengés tehernek nem voltak kitéve, ezáltal pontos tapasztalatokkal sem rendelkezünk, de kimutatkozik, hogy a potenciális földrengéskárok megelőzésére irányuló intézkedéseknek sem ezen építményekre kell fókuszálniuk ma Magyarországon.

Figyelemmel a Kárpát-medencében kipattanó földrengések előfordulási tendenciáira, valamint egyes kritikus infrastruktúrák sebezhetőségére, a földrengésterheknek ellenálló építészeti technológiák költségei aktív kontroll rendszerekkel optimalizálhatóak, illetve a már megépült létesítmények és épületek a biztonsági szempontokat szem előtt tartva, költséghatékonyan megerősíthetőek. A továbbiakban kiemelkedő nemzetközi fejlesztéseket vizsgálva, elemzem ezeket a megoldásokat a hazai gyakorlatba történő integrálhatóságot, adaptációs lehetőségeket is szem előtt tartva.

### 3.4.2. Jellemző épületkárok vizsgálata a megelőzés szemszögéből

A Kárpát-medencében, illetve Magyarország területén kialakuló földrengések tendenciáit vizsgálva, valamint a történelmi földrengések tapasztalatai alapján, az előzőekben megállapítást nyert, hogy a magnitúdó-skálán mért 6-os fokozat körüli földrengések időközönként előfordulhatnak, amelyek – az epicentrum helyétől függően – jelentős, akár katasztrofális mértékű épület- és infrastrukturális károkat idézhetnek elő a veszélyeztetett településeinken. A jelenlegi viszonyokat tükröző, prognosztizálható károk jellemzőinek és mértékének megállapításához Magyarország környezetében kipattant, körülbelül 6 M erősségű földrengés eseményeken keresztül megvizsgáltam azok elsődleges hatásait és a városokban keletkező épületkárokat. Mindezt analógiaként alapul tudtam venni a hasonló erősségű és intenzitású földrengés kártételeinek megelőzését célzó technológiai megoldások bemutatásához. Az alábbiakban bemutatott példák kiválasztásánál a földrajzi elhelyezkedés és a szeizmikus esemény erőssége mellett, további főbb szempontként tekintettem az intenzitást, a nagyvárosokra gyakorolt hatást, valamint, hogy az események az elmúlt 25 évben történtek.

#### *L'Aquilai földrengés (Olaszország, 2009)*

Az esemény főbb adatai:

- ideje: 2009. április 6.,
- epicentrum: L'Aquila közvetlen közelében, Abruzzo tartomány, Olaszország,
- erőssége: 6,3 M,
- fészekmélysége: kb. 9 000 m,
- okozott kár mértéke: kb. 70 000 sérült épület (400 összedőlt),
- áldozatok száma: 308 fő halott, 1 200 fő sérült. [186]

Az olaszországi egyetemi város, L'Aquila közvetlen közelében kipattant földrengés során a viszonylag alacsony fészekmélysége miatt, erős rengéshullámok érték el a felszínt, amelyek rövid lefolyásban jelentős károkat idéztek elő. A városban és környezetében található többnyire kőből és vasalatlan falazóelemekből épült számos középkori, illetve reneszánsz kori történelmi épületek közül sok megsemmisült, vagy súlyos károkat szenvedett. Mindemellett, a földrengés során L'Aquila városában számos modern technológiával, illetve a szeizmikus földrengés szabványok figyelembevételével készült épület is összedőlt, illetve súlyos károkat szenvedett, amelyet a helyi szakértők egyrésről

az építések minőségét ellenőrző műszaki felügyelet hiányosságaival, valamint a szeizmikus terhekre vonatkozó építési szabványok hibás megállapításával magyaráznak. [187] Erre példa a 2000-ben épített, San Salvatore városi kórház vasbeton szerkezetű, vasalatlan falazóelemekből épült épülete. A földrengés következtében a külső falak és homlokzati elemek leomlottak, ezáltal a belső teherhordó szerkezeti elemeken rendkívüli többletterhet okozott. Mindezt elsősorban az épületszerkezeti elemek kapcsolódási pontjainak meghibásodása idézte elő.

A földrengés következtében a halálos áldozatok között sok fiatal egyetemista volt, ami a l'aquilai egyetem komplexumához tartozó épületek súlyos károsodásával hozható összefüggésbe. Az esetek többségében a csomópontokon, illetve csatlakozási pontokon való nem megfelelő rögzítések és merevítések alkalmazása a külső falak ledőlését okozta, amellett, hogy a leomlott mennyezetek és a belső térelválasztó falak több halálesetért is felelőssé tehetőek. [188; 7-12. o.] Az Udinei Egyetem kutatói és az olasz tűzoltóság által a kárterületen végzett közös helyszíni vizsgálatról szóló tanulmány is fő hiányossággként a nem szerkezeti elemek helytelen rögzítéséből és a belső teherhordó gerendák és oszlopok nem megfelelő csatlakozásaiból eredő problémákat emeli ki. Az ipari létesítményeknél szintén megfigyelhető volt, hogy a földszinti mennyezet magasabban volt, mint a felsőbb szinteken lévő emeleteknél, ami jelentős többletterhet okozott a teherhordó oszlopok és gerendák kapcsolódási pontjain fellépő nyírófeszültségek miatt. A tanulmány kiemeli továbbá, hogy azon épületek esetén, ahol a gázvezetékek a külső falakon lettek elhelyezve, a falazat károsodásával egyidejűleg a vezetékek törése is bekövetkezett. [189; 2-4. o.]

A l'aquilai eset a szeizmikus terhekre vonatkozó előírások felülvizsgálatának és szigorításának szükségessége mellett, felhívta annak fontosságára is a figyelmet, hogy a helyi építési kultúra, illetve történelmi épületek figyelembevételével ugyan, de a korábbiakban épült épületek megerősítését is egységes előírásokkal kell szabályozni, még akkor is, ha bizonyos esetekben történtek erőfeszítések a megerősítésekre korábbiakban. A l'aquilai eseményekhez hasonló példaként említhető továbbá a szintén közép-olaszországi régiót sújtó, 6,2 M erősséget meghaladó földrengés, aminek szintén jellemző kárhatása volt a korabeli építésű, vasalatlan falazatú épületek elpusztítása mintegy 300 halálos áldozatot követelve mindezzel. [190; 1-2. o.]

### ***Roermondi földrengés (Hollandia, 1992)***

Az esemény főbb adatai:



- ideje: 1992. április 13.,
- epicentrum: Roermond közvetlen közelében, Hollandia,
- erőssége: 5,4 M,
- fészekmélysége: kb. 15 000 m,
- okozott kár mértéke: kb. 1 300 sérült épület (100 összedőlt) Hollandiában és Németországban,
- áldozatok száma: 45 fő sérült. [191]

Hollandia délkeleti részén, a német határ közvetlen szomszédságában található Roermond város közelében 1992-ben kipattanó földrengés jelentős épületkárokat okozott Németországban és Hollandiában is. Az epicentrum közelében az intenzitás-skálán VII-es fokozatot elérő földrengés tipikus esete a tektonikai lemezhatároktól távol eső intraplate földrengéseknek, amelyek egy általánosságban alacsony szeizmikus aktivitású területen is jelentős károkat képesek okozni. A legsúlyosabb károk a Heisenberg nevű holland kisvárosban keletkeztek, elsősorban az 1920 előtt épült, téglafalazású épületek szenvedtek nagyon súlyos szerkezeti károkat. Roermondban két XIII. és XV. századi templom károsodott jelentősen, de a Kölni Katedrálisban is mázsás kőelemek szakadtak le a rengéshullámok hatására. [191] A földrengés által előidézett épületkárok és a talajmechanikai jellemzők összefüggéseit kutatva a Roermond közvetlen szomszédságában található holland Herkenbosch településen végeztek holland kutatók kérdőíves felmérést a lakosság körében. A vizsgálat alapján a lakóházak jelentős része sérüléseket szenvedett, általában egy vagy két szerkezeti elem károsodott, amelyek közül főként a téglapépítésű házak külső front-, hát- és oldalfalaiban keletkeztek károk. [192; 399. o.]

### ***Vráncsa megyei földrengés (Románia, 1990)***

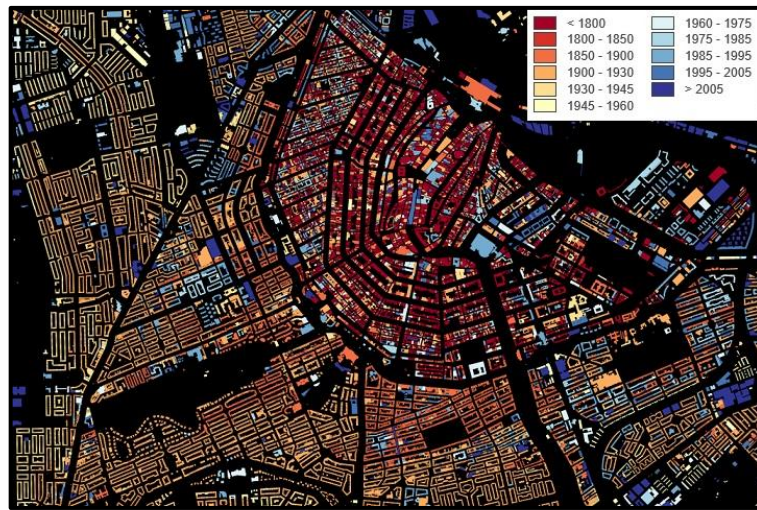
Az esemény főbb adatai:

- ideje: 1990. május 30.,
- epicentrum: Vráncsa megye, Románia,
- erőssége: 6,9 M,
- fészekmélysége: kb. 8 9000 m,
- okozott kár mértéke: kb. 30 M USD Romániában, Moldovában és Bulgáriában,
- áldozatok száma: 14 fő halott, 350 fő sérült. [193]

A romániai Moldvában található Vránca megyét az aktív tektonikai folyamatoknak köszönhetően több ízben is nagy erejű, pusztító földrengés rázta meg. Az 1977-es, Richter-skála szerinti 7,2-es erősségű, romboló hatású rengést követően máig az 1990 májusában bekövetkezett esemény számít a legjelentősebb földrengésnek a régióban. A '77-es katasztrófát követően az addig mérvadó szeizmikus méretezésre vonatkozó előírásokat felülvizsgálták, illetve módosították a további földrengéskárok megelőzése és csökkentése érdekében. Mindez nagyban meghatározta a '70-es évek második felétől kezdődő építkezéseket, amelyek nagyrészt a '60-as évektől kezdődő, emeletes, blokk építésű lakóházak, illetve lakótelepek kialakításával, állami építkezések formájában zajlottak. A földrengések kárterületeit, illetve az épületekre gyakorolt hatásokat elemző londoni kutatócsoport helyszíni vizsgálatáról szóló jelentés az egyes építési formák, illetve technológiák alapján mutatta be az 1990-es vráncai földrengés következményeit. A tanulmány alapján a földrengéssel érintett nagyvárosokban, mint Bukarest és Buzau, a blokkos építésű emeletes panelházak elsődleges problémái az épületszerkezetek illeszkedési pontjainál és dilatációs hézagainál jelentkeztek, ahol a szeizmikus hatás okán megjelenő nagyobb repedéseknek köszönhetően a külső falazóelemek leszakadását eredményezték (több halálos áldozatot követelve). Emellett, a különböző épületszerkezeti elemek csomópontjainál, illetve illeszkedési pontjainál fellépő törések, repedések és omlások is sok esetben megfigyelhetők voltak. A földrengés tapasztalatai alapján megállapították, hogy a vasbeton szerkezetű, magasépítésű épületeknél a vázkitöltő falelemek helyett alkalmazott vasbeton szegmensek nagyobb stabilitást biztosítottak az épületeknek, ugyanakkor a panelelemek illesztésénél sok esetben szintén repedések keletkeztek. Az épületek hosszanti vasbeton merevítő fallal történő megerősítéssel bizonyítottan jól viselkedtek a szeizmikus terhekkel szemben. Az 1990-es és a régiót sújtó, korábbi nagy erejű földrengéseket a téglafalazatú lakóházak túrték a legrosszabbul, amiben szerepet játszottak a nem megfelelő mélységű, illetve technológiával kivitelezett alapozások is. A csomópontokon megerősített és a nyílászáróknál szemöldökfával épített lakóépületek viszont jobban ellenálltak a rengéshullámoknak. [194; 15-25. o.]

### 3.4.3. Lakóházak helyzete Magyarországon

A fentiekben vizsgált példák is bizonyítják, hogy a földrengéskárok mértéke általában szoros összefüggésben van a kárterületre jellemző épületek életkorával, illetve építészeti technológiájával, ami egyben az adott terület földrengéskockázatát is jelentősen determinálja. Egy hollandiai projekt keretében az ország összes – mintegy 10 millió – épületét magába foglaló digitális térkép (48. sz. ábra) készült, amelyben az egyes épületek építésük évszámai alapján különböző színnel lettek megkülönböztetve.



48. sz. ábra: Amszterdam bel –és külvárosi részének épületek életkora alapján való térképezése  
*Forrás: [195]*

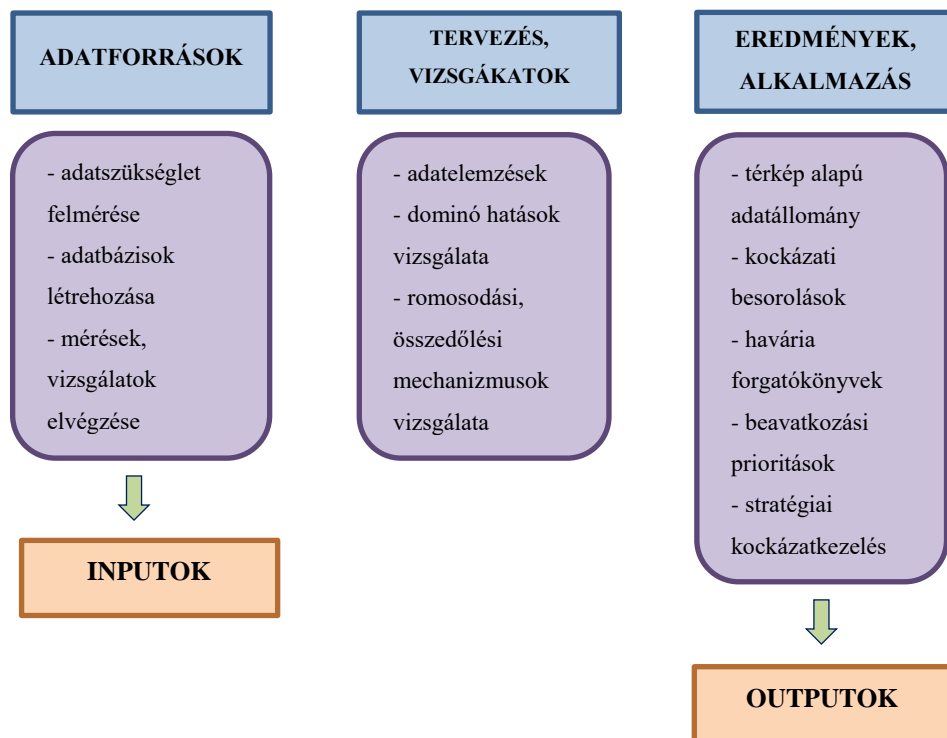
Részben a holland mintából kiindulva, hasonló térképek készültek Budapest egyes kerületire vonatkozóan is, azonban egységes, az épületek korát, illetve állapotát tükröző adatbázis, térinformatikai állomány, illetve térkép nem áll rendelkezésre annak ellenére, hogy véleményem szerint – az ÁKK projekt keretében készült árvízi előntési és kockázati térképekhez hasonlóan – nagyban elősegítené a nagyvárosokban a kockázatértékeléseket, illetve a kritikus pontok lokalizálását. A városias települések, így Budapest esetén is, a megfelelő térkép alapú információs rendszer létrehozásához a földrengés-kockázatot az alábbi tényezők alapján szükséges vizsgálni:

- *veszélyeztetettség* (korábbi szeizmikus események tapasztalatai, a területre jellemző geodinamikai folyamatok),
- *kitettség* (emberi életek, vagyoni érték, kritikus infrastruktúrák) és
- *sebezhetőség* (károsító hatásnak való kitettséget befolyásoló tényezők határozzák meg, így például a talajadottságok, vagy védelmi képességek).

A fenti szempontok alapján célszerű módszer lehet az egyes épületek kockázati besorolása (pl. I-V. osztályba sorolással). Ennek alapja a földrengés-kockázati térképezés, amelynek fő célja a kockázat-megelőzés az alábbi eredmények teljesülésével:

- földrengés-kockázat csökkentése,
- potenciális földrengéskárok megelőzése,
- lakosságvédelem,
- az érintett területek adottságain alapuló intézkedések, beavatkozások,
- döntési mechanizmusok támogatása és
- stratégiai kockázatkezelés elősegítése.

A horizontális gyorsulás értékek szerint vett szeizmikus zónatérképek (veszélytérképek) alapján szükséges megvizsgálni a földrengés hatásainak kitett vagyoni értékek sebezhetőségét és emberi életek veszélyeztetettségét (kockázati térképek). A térképes digitális állomány nagyban elősegíthetné az operatív döntés-előkészítési folyamatokat, a mentési feladatok végrehajtását, a védelmi tervezést, valamint a kritikus pontok feltárásával a megelőző időszakban szükséges beavatkozásokat. A korszerű térinformatikai rendszert alkotó kockázati térképezés felépítése (49. sz. ábra) az alábbiak szerint javasolt:



49. sz. ábra: Földrengés-kockázati térképezés térinformatikai rendszere  
Készítette: a szerző

Az input adatigény vonatkozásában az alábbi javaslatokat tettem azokra a kategóriákra, illetve szempontokra, amelyeket figyelembe kell venni a földrengés-kockázati térképezés során:

- az épület funkciója,
- a lakók, vagy használók száma,
- az építés ideje,
- az építési technológia, alkalmazott építőanyagok,
- az épület állapota (különös tekintettel a teherhordó szerkezeti elemekre),
- az épület szintjeinek száma,
- történt-e korábban szerkezeti megerősítés, vagy átalakítás,
- szomszédos épületekkel való kapcsolat (potenciális dominóhatás) és
- falazott szerkezetek esetén Dr. Dulácska és Dr. Kollár által kiadott méretezési útmutató szerinti diagnosztikája, különös tekintettel az alábbiakra:
  - alapozás technológiája,
  - a tartó és hordott szerkezetek kapcsolódása és
  - az épület szerkezeti kialakítása (geometria, boltívezések, épület síkjától való térbeli eltérések). [13; 3-4. o.]

A holland mintaprojekt input és output információin is alapulva, a térképes digitális állomány térinformatikai adatbázisához szükséges főbb adatforrások a következők:

- légi/műholdas felvételek,
- szeizmikus zónatérképek,
- geodéziai felmérések,
- épületanalízis eredményei,
- földhivatali nyilvántartások,
- lakosság körében végzett felmérés,
- lakossági nyilvántartások,
- építészeti tervdokumentációk, tervrajzok,
- talajvíz monitoring rendszerek és
- talajvizsgálati eredmények, talajtérképek.

Mindezen információk birtokában a térképezés egyben más területeken (városrendezési, felújítási, statisztikai stb.) is alternatív alkalmazási lehetőséget nyújt. Mindezek figyelembevételével, a térkép alapú információs rendszer létrehozását Budapest esetén már csak azért is szükségesnek tartom, mert a főváros lakóház összetételét vizsgálva jelentős számú régi, illetve felújításra szoruló épület található. A Központi Statisztikai Hivatal 2011-es népszámlálás adatai alapján végzett felmérése szerint [196; 15-16. o.] Magyarországon a téglaeépítésű lakóházak aránya Vas, Zala és Győr-Moson-Sopron megyében a legmagasabb (77-83 %), a panellakások aránya országos szinten pedig kb. 20 %. A panelfalazatú társasházak elsősorban az ipari központként funkcionáló nagyvárosokban terjedtek el, Budapesten a lakások mintegy harmadát teszik ki a panellakások, a fennmaradó kétharmad többnyire téglaeépítésű társasház. A magyarországi lakásállomány átlagéletkorának elemzéséhez az Otthontérkép által készített térképes adatbázis nyújt lehetőséget, szintén 2011-es statisztikai adatok alapján. A térképes alkalmazás szerint Budapesten a lakóépületek átlagéletkora 53 év, mintegy harmaduk 1946 előtt épült. Az átlagéletkor vonatkozásában az országos átlag is 50 év felé közelít. Amszterdam, Budapest és más európai nagyvárosok esetén is egyértelműen kimutatható, hogy a belső kerületek irányába az épületek átlagéletkora növekszik, a magyar főváros esetén is a „legöregebb” kerületeket a belső városrész (I., V., VII., és VIII. kerület) foglalja magába. [197] Tekintve, hogy a hazai szabályozásba a '70-es évek második felétől kerültek csak beépítésre a szeizmikus igénybevételekre történő méretezésre vonatkozó építési előírások, számottevő kockázattal kell számolni Budapesten is. Mindez igaz annak ellenére is, hogy a Kárpát-medencében extrém erősségű (5-7 M) földrengésnek számító események előfordulási valószínűsége alacsony, mivel a sebezhetőség, illetve a várható károk mértéke jelentős. Korábbi diagnosztikai vizsgálatok kimutatták, hogy a jelentős arányban épült, korosodó téglaeépítésű házakkal kapcsolatos kockázat egyik fontos oka, hogy az 1900-as év környékén épült épületek téglaszilárdsága sok esetben nem megfelelő, amihez hozzájárult az is, hogy a nedvesség hatására a téglaeállékonysága további jelentős mértékben csökkent. A vizsgálat ennek egyik okaként nevezni meg, hogy ekkoriban a főváros környéki téglagyárak gyengébb minőségű téglaelemeket állítottak elő, valamint, hogy a ma is alkalmazott kisméretű téglákat csak 1916-ot követően kezdték el tömegesen használni az építkezések során. A vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy nem sokkal kedvezőbb a helyzet a kő, vagy vegyes (tégla és kő) falazatú épületek esetén sem, mivel laboratóriumi vizsgálatokkal

kimutatták, hogy a mintegy 100 éve beépített kő anyag szilárdsága körülbelül a felére csökkent. [12; 20-21. o.]

Mindezen megállapításokat alátámasztja egy, a Budapest idősebb belvárosi épületeinek tervezési és szerkezeti tulajdonságait vizsgáló kutatás is, amelynek egyik fő konklúziója, hogy egy nagyobb földrengés rendkívüli pusztítást eredményezne a fővárosban elsősorban az előregegett épületek romló állapota, a kedvezőtlen talajviszonyok, valamint a belvárosi részek magas beépítettségi foka miatt. [198] A hazai vezető geofizikusok Budapest idősebb belvárosi épületeinek földrengés-biztonságának vizsgálatára végzett kutatása sem hozott biztató eredményeket. A belvárosi falazott szerkezetű épületeket Dr. Dulácska és Dr. Kollár méretezési és tervezési alapelvei mentén elemezték, aminek eredményeként kimutatták, hogy a vasbeton koszorúk hiánya (a vasbeton építészeti alkalmazása a XX. században terjedt el) és számos épület szerkezeti kialakítása rendkívül kedvezőtlen a szeizmikus terhelés esetén. [198; 3-5. o.] A főváros talajadottságának szempontjából elsősorban a belvárosi területekre jellemző laza üledékes feltöltés és magas talajvízszint jelent problémát, mivel kedvező kondíciókat nyújtanak a rengéshullámok amplitúdójának felerősítéséhez, illetve az esetleges talajfolyósodás előidézéséhez. [198; 12-13. o.] A korábbi feljegyzések alapján archivált, 5,7 M erősségűnek becsült, 1561. évi pest-budai földrengés okozta károk is bizonyítékkul szolgálnak, hogy jelentősebb földrengésekre a főváros környezetében is számolni kell. [10]

A romániai Vránicsa megyében kipattanó földrengések következményei alapján is felmerül a kérdés, hogy mi a helyzet az itthoni panelházak földrengésvédelmével. Tekintettel arra, hogy az iparosítás és demográfiai változásokkal párhuzamosan a nagy panelosítási hullám Magyarországon a '70-es évektől vette kezdetét, ezen blokkos épületek tervezésénél, illetve kivitelezésénél a szeizmikus terhekkal szembeni ellenálló képesség már figyelmet kapott. A 1990-es vránicsai földrengés hatásaihoz hasonlóan ezen társasházak földrengés-biztonsága jóval megnyugtatóbb, mint a több emeletes régi építésű téglák, illetve bérházaké, kisebb károk elsődlegesen a dilatációs hézagok mentén, valamint a külső burkolat és szigetelő elemek repedéseiből és leomlásaiából keletkezhet.

A fentiekből megállapítható, hogy a magyar nagyvárosok földrengés-kockázata elsősorban a régi tégláépítésű lakóházak megerősítésével csökkenthető számottevő mértékben, az alkalmazott technológiai eljárások egyben elősegítenék a jövőben épülő lakóházak és kritikus infrastruktúra, illetve létfontosságú rendszer elemek földrengés-

biztonságának növelését, illetve a szeizmikus terhekre történő méretezésből eredő jelentős többletfeladatok és költségek racionalizálását.

#### **3.4.4. A vasalatlan falazóelemekből épült épületek földrengés-biztonságának növelése**

A többnyire a barokk korszak stílusjegyeit hordozó XVII. és XVIII., valamint a XIX. és XX. század elejére jellemző építészeti irányzatokat követő budapesti belvárosi épületek túlnyomó többsége is téglá, vagy kő falazatú épület. Ezen építmények amellett, hogy koruknál fogva jóval megelőzték a szeizmikus hatásokra való tervezési szempontokat – a korábbi földrengések tapasztatai alapján is – igen magas kárérzékenységgel jellemezhetőek a földrengések során. [198; 2. o.] A lakóépületek szeizmikus hatásokkal szembeni ellenálló képességének növelését célzó intézkedések esetén fontos leszögezni, hogy erős szeizmikus terhelés esetén az épületszerkezet sérülésmentessége nem lehet reális követelmény. A tervezés és megvalósítás során fő szempont olyan megoldások alkalmazása, amelyek – az emberi életet védve – az épületek szerkezeti stabilitását biztosítják. Más a helyzet veszélyes ipari létesítmények, vagy létfontosságú funkciót betöltő kritikus infrastruktúrák esetén, azonban ezen eseteket az értekezés nem tárgyalja. Dr. Dulácska Endre és Dr. Kollár László által kiadott méretezési útmutatók is a sebezhetőségre való tekintettel az alábbi főbb szerkezeti szabályokat fogalmazták meg a falazott épületekre vonatkozóan:

- a gyorsulásértékek alapján zónákba sorolt területek alapján a 4. zónába (Komárom és környéke) 4 emeletnél magasabb falazott épület nem épülhet,
- a 3. (beleértve Budapestet is) és a 4. zónában az épületek geometriája egyszerű legyen, főként kerülve az „L” és „T” alakú alapokat (a csavaró erők okozta teher miatt),
- az épületek alapozási síkjai egy síkban legyenek,
- falazott épületeknél szükséges vasbetonkoszorús megerősítés,
- a boltíves kialakítások mellőzése ajánlott,
- a dilatációs hézagok kialakítása szerkezetkettőzéssel (fal, vagy gerenda, sohasem konzollal) történjen és
- vasbeton oszlopokkal történő megerősítés esetén a nyíróerő okozta terhekre méretezett kengyelezés szükséges a végeknél. [13; 3-4. o.]



A vasbeton elemek kulcsfontosságú csatlakozási pontjainak nyírási terhekkel szembeni megerősítésére Csák Béla kísérletekkel bizonyította, hogy többkomponensű műgyanta kötőanyag alkalmazásával a gerendavégek rugalmas és képlékeny tulajdonságai jelentősen megnőnek, ami által az épületszerkezet stabilitása szempontjából fontosabb, merevebb tulajdonságú oszlopok hosszabb ideig ellenállóbbak maradnak a törésekkel szemben. [199]

A földrengés-katasztrófák nemzetközi „palettáját” vizsgálva is kitűnik, hogy a hagyományos, legtöbbször habarcsolt kötésű téglá, vagy kő falazóelemekből álló vasalatlan falazatú épületek összedőlése tehető felelőssé a földrengések okozta halálos áldozatok túlnyomó többségéért. Ezt a tendenciát az ezredfordulót követően kipattanó súlyos földrengések tapasztalatai is alátámasztják, illetve erősítik Európában és a tengerentúlon is. [200] A jelentős repedés érzékenység mellett a vasalatlan falazatú épületeknél jelentkező általánosságban leggyakoribb földrengéskárok a húzó-, illetve nyírófeszültségek által előidézett roncsolódások, sérülések. A falazat saját síkjában (in-plane) való terhelése esetén legjellemzőbb károsodások:

- nyílások felett, illetve között megjelenő repedések, törések,
- a falak sarok pontjain jelentkező törések, omlások, vagy
- a falpillérek, a falak találkozási pontjai, valamint a födémmel való csatlakozás mentén megjelenő függőleges repedések.

A falazó elemekből épült falak síkjára horizontálisan ható (out-of-plane) terhelés következtében a jelentősebb szerkezeti károk az alábbiak:

- a falrétegek szétválása,
- külső fal leomlása,
- a falazatok határvonalainál megjelenő függőleges repedések,
- homlokzat vízszintes repedése, törése,
- a falazat és a födém csatlakozásának tönkremeneteléből eredő szerkezeti károsodások, omlások, valamint
- a külső, általában homogén szerkezetű mellvédfalak és kémények leomlása. [201; 10-12. o.]

Az épület síkjára ható vízszintes irányú terhelés során keletkező hajlító igénybevétel egyaránt kifejti hatását a belső és külső szerkezeti elemekre. A falazat

síkjában jelentkező erők elsősorban a jelentős nyírófeszültségek által váltják ki a szerkezeti károkat. A hajlító és nyíró terhekre bizonyítottan negatívan reagálnak a falazott szerkezetek, amelynek első jelei a nagyobb repedések megjelenése, ami az épületszerkezet tönkremeneteléhez vezethet. Mindehhez hozzájárul a falazóelemek alacsony fokú alakváltozó képességéből és jelentős tömegéből erdő gyenge ellenálló képesség. [200; 29-33. o.]

A vasalatlan falazatú épületekkel kapcsolatos megelőzési intézkedéseket megnehezíti, hogy ezen konstrukciókra vonatkozóan különösen megállja helyét az állítás, miszerint a szakemberek sokszor nem rendelkeznek elégséges információval a külső igénybevételekkel szembeni várható viselkedésről és az ezzel kapcsolatos követelményekről. Ebben szerepet játszik ezen építmények speciális építészeti jellege és kialakítása, ismeretlen összetételű és minőségű anyagok alkalmazása, valamint a korabeli építészeti technológiákkal kapcsolatos hiányosságok mind az egyetemi oktatásban és szakképzések terén. [202; 24. o.]

#### ***3.4.4.1. Tégla falazatú épületek földrengés-biztonságának növelése***

Az 1990-es vráncsai és az 1992-es roermondi földrengés következményei, illetve tapasztalatai is nagyban megmutatkoztak a téglafalazatú épületek kárérzékenységében, mivel a téglafalazatú lakóépületek szenvedték el a károk túlnyomó részét. Mindez alapvetően meghatározza az épületek földrengés-biztonságának fokozására irányuló erőfeszítések, illetve intézkedések irányvonalait Magyarországon is. A fentiekben vizsgált eseteken túl, a téglafalazatú építmények kárérzékenysége súlyos problémát jelent a világ más, földrengés sújtotta országaiban is. A nemzetközi szakirodalom és esettanulmányok terén kiemelkedő eseménynek számít a 2010-ben az új-zélandi Darfield városában kipattant 7,1 M erősségű földrengés és közvetlen hatásai az infrastruktúrára, középületekre és lakóházakra. A földrengés-katasztrófát követően átfogó vizsgálatok történtek a földrengés hagyományos falazott szerkezetű épületekre gyakorolt hatásainak elemzésére, illetve az egyes megelőző technológiák hatékonyságának felmérésére. A vizsgálatok mellett, hogy kitértek a tipikus épületkárok és okaik tárgyalására, közvetlenül elemezték a korábbi szeizmikus igénybevételekre való megerősítések és megoldások viselkedését is. Mindez különösen fontos annak tudatában, hogy sem eszközökkel, sem pedig analitikai módszerekkel nem értékelhető megbízható módon a megerősítéseken átessett építmények földrengés-biztonsága, megalapozott

következtetések elsősorban a szeizmikus események hatásaival kapcsolatos tapasztalatokból vonhatóak le. [203; 1. o.]

Az új-zélandi eset során a leggyakoribb károkat a külső falak tönkremenetele (horizontális terhek miatt), a vízszintes teherhordó szerkezetek szélsőséges alakváltozásai, a tartópillérek, homlokívek, nyeregtetős homlokfalak, mellvédfalak és kémények leomlása jelentették, amelyek egyben közvetlen életveszélyt is előidéztek. [204; 67-70. o.] A földrengést követő elemző értékelések kimutatták ugyanakkor, hogy az utólagos szerkezeti megerősítésen átesett épületek általánosságban jól ellenálltak a szeizmikus igénybevételeknek, és nem szenvedtek komoly szerkezeti károkat. [205; 321-328. o.] A téglafalazóelemekből épült épületek megerősítésének korszerű lehetőségeit az alábbiakban mutatom be.

#### *Felületi erősítések*

A falszerkezetek ellenálló képességének fokozására elterjedt eljárás a falfelületeket érintő különböző beavatkozás, mint a jelentős múlttal rendelkező acélhuzal háló erősítésű cementkő beépítése, a megerősített vakolat vagy a lött beton alkalmazása stb. Ezen eljárások a szeizmikus igénybevételek esetén a falazat húzószilárdságának megerősítésével elősegítik a falazat repedésének, illetve tönkremenetelének megelőzését. Az előbbieken említett acélhuzal erősítésű cementkő burkolat finomacélháló cementhabarcs rétegbe történő beágyazásával történik. Az eljárás előnye, hogy alacsony ráfordítás mellett, egyszerű technológiával megvalósítható amellyel, hogy ellenállóvá teszi a falazatot a saját síkjában és síkjára horizontálisan ható szeizmikus terhelés esetén egyaránt. Ezen megoldáshoz hasonló elven alapulva alkalmazható a vékony acélhuzalok horgonyzásával megerősített cementvakolat, ami elsősorban a falak síkjában jelentkező terhelések elleni ellenálló képesség növelését segíti elő. A téglafalazóelemekre dübelekkkel erősített betonacél hálóval képzett felszínre lövellt beton szintén elterjedt módszer a szeizmikus igénybevételek hatásaiként jelentkező nyírófeszültségek tovább közvetítésére. A módszer elsősorban a töréssel szembeni ellenállást fokozza jelentős mértékben, mivel a lött beton burkolattal megerősített falazat hajlító- és nyírómerevsége a többszörösére nőhet.

A falazaton megjelent sérülések, repedések, illetve hézagok kezelésére elterjedt megoldás az epoxi- vagy mészhabarcs fecskendezéssel történő kitöltés, amelynek fő célja az épület eredeti állapotának és ellenálló képességének visszaállítása, valamint a hézagok, illetve repedések továbbterjedéséből eredő következmények megelőzése. [203; 2-4. o.]

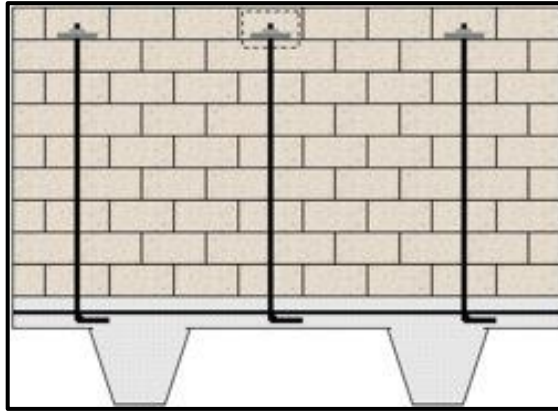
A felületkezeléssel történő megoldások további nagy előnye, hogy nincsen kedvezőtlen esztétikai hatásuk, és nem befolyásolják a belső terek elosztását sem, ugyanakkor elsősorban a falazat repedéseiből eredő károk megelőzésére alkalmazható hatékonyan, jelentős szeizmikus erőhatások előfordulásakor önmagukban nem biztosítják az épületek statikai stabilitását.

#### *Téglafalazat közrefogásos megerősítése*

Az Eurocode 8 szabványban is javasolt vízszintes és merőleges vasbeton merevítések mentén közrefogott falazatú épületek az elmúlt évtizedek során világszerte jelentősen elterjedtek a földrengéskárok megelőzése céljából. A falak csomópontjainál, illetve sarkainál a függőleges merevítéseket a vízszintes merevítés mentén kapcsolják össze az épület minden emeletének szintjén, melyek együttesen szükségesek a téglafalazat szükséges megerősítéséhez. Ezen technológia alkalmazása jelentősen növeli a törésekkel szembeni ellenálló képességet a falazaton jelentkező feszültségek elosztásával, illetve a hajlító igénybevételekkel szembeni kedvező viselkedés biztosításával. Hátránya, hogy utólagos megerősítésként nem alkalmazható.

#### *Utófeszített falazat*

Hatékony utólagos megerősítő beavatkozás lehet ugyanakkor a falazat utófeszítése, mely során a fal felszínén acélvezetékben vezetett feszítőszálakat rögzítenek a falazat mélyedéseiben (pl. habarcsrétegbe) (50. sz. ábra). A falazat felső részén a szálak vasbeton gerendához, vagy beépített acéllemezhez horgonyzott vezetékben, illetve csövekben a szálak teljesen feszes állapotban vannak abban az esetben is, ha nincsen a vezetékbe kitöltő anyag injektálva. A feszítő elemeket lőtt beton vagy cementhabarcs rétegbe burkolják. A függőleges utófeszítéses technológia kiválóan alkalmazható egyaránt a falazat síkjára, illetve a vízszintesen ható igénybevételek elleni ellenálló képesség biztosítására a húzószilárdság jelentős fokozásával a földrengés hatásaként jelentkező repedések, törések, illetve a fal tönkremenetele megelőzhető. [203; 1. o.]



50. sz. ábra: Függőleges utófeszítéssel megerősített vasalatlan falazat  
Forrás: *Proto II Wall Systems* [206], Készítette: *nem ismert*

Hátránya az eljárásnak a beépített fém rögzítéstechnikai elemek korrózió-érzékenysége.

#### *Falazat belső stabilizációja*

A nemzetközi szakirodalomban „*center core*” technológiának nevezett megoldás (51. sz. ábra) elsősorban a téglafalazóelemekből épült épületek falain keletkezett sérülések megerősítésére, illetve a fal belsejében megjelent hézagok és repedések stabilizálására alkalmas, mindezzel elősegítve az idő múlásával állagromlásra keresztülment épületek külső hatásokkal szembeni kárérzékenységének csökkenését. Az eljárás alapelve, hogy a falazat legfelső részén a megfelelő pontban függőleges furat kerül kialakításra egészen az alapozásig. A lyukba, illetve lyukakba acél stabilizáló rudat helyeznek, majd a réseket befecskendezett cementhabarccsal töltik ki. Az eljárással a falszerkezet sérülései mentén megerősítést kap. Mindemellett nagy előnye, hogy a kivitelezése a külső vakolat megbontása nélkül is végrehajtható, ezáltal megvalósítási költségei is kedvező keretek között tarthatóak. A furatok kiképzése speciális technológiát, illetve eszközöket igényel, illetve nagy pontosságú munkavégzést a fal belsejében keletkező további repedések, vagy roncsolódások megelőzése érdekében. [207; 1. o.]



51. sz. ábra: Függőleges belső merevítés kialakítása a falazatban  
*Forrás: [207; 5. o.] Készítette: nem ismert*

#### *Mellvédek és kémények megerősítése*

A 2010. és 2011. években Új-Zélandot sújtó földrengések egyik lényeges tapasztalata volt, hogy a földrengés hatására a közvetlen életveszélyt – az 1990-es vráncsai katasztrófához hasonlóan – a közterületekre hulló falazóelemek és törmelékek idézték elő. Jelentős veszélyt jelentettek a tető mellvédfalak, valamint a kémények leomlása, amihez hozzájárult az is, hogy az alacsony mértékű hajlítoszilárdság, illetve a nagymértékű vízszintes gyorsulás okozta igénybevételek miatt a földrengések során általában ezen épületelemek mennek tönkre elsőként. A mellvédfalak megerősítésére bevált módszer a vízszintesen futó, külső acélszerkezetes megerősítés, amely kis távolságonként függőlegesen is rögzítésre kerül a tetőszerkezethez. Tekintettel arra, hogy a merevítés hátulról történik, a megoldásnak nincsen negatív esztétikai hatása az utcáfrontról. Az új-zélandi földrengések következményei rámutattak arra, hogy a mellvédfalak rögzítését megfelelő sűrűséggel kell elvégezni, és a sarkoknál is biztosítani kell a merevítés folytonosságát.

A kémények esetén a stabilizálás hasonló módon hatékonyan megoldható. A kémény kiálló falazott törzse polimer, vagy acél szálerősítéssel és lőtt betonnal megerősíthető, valamint acél merevítőkkal jelentősebb külső látható nyomok nélkül a tetőszerkezethez rögzíthető. [204; 71-74. o.]

#### *Falazatok beltéri megerősítése*

A vízszintes irányban ható szeizmikus igénybevételek okozta károk megelőzése érdekében a falazat függőleges acél merevítőkkal megfelelő távolságban történő beltéri megerősítése (52. sz. ábra) jelesre vizsgázott az Új-Zélandon bekövetkezett földrengések

során is. A falakat támpilléres szakaszokra osztó függőleges merevítések a hajlító igénybevételek okozta terhelést közvetlenül a vízszintes teherhordó szerkezetekre közvetítik. Az oszlopok rögzítése csavarozással, vagy acél dübelezéssel egyszerűen és költséghatékonyan megoldható.

A függőleges oszlop-támogatáshoz hasonló elven, a megerősítés a falazat középmagasságában elhelyezett vízszintes acélmerevítéssel is megvalósítható, amelyet általában átlós sarokmerevítőkkel a felső szinthez, illetve mennyezethez erősítenek. [204; 76-77. o.]



52. sz. ábra: Falazat belső megerősítése függőleges acél támaszokkal  
*Forrás: [204; 76. o.] Készítette: nem ismert*

A fenti ábrán is demonstrált módon a falazatra szerelt beltéri merevítések egyik jelentős hátránya a kedvezőtlen esztétikai hatás, valamint beltéri helyiségek kihasználtságának lekorlátozása. A vízszintes teherhordó szerkezeti elemek – mint például a padlózatok és födémek – síkjában jelentkező igénybevételekkel szembeni megerősítésére is elterjedt megoldás az acél merevítéses technológia.

#### *Csomópontok megerősítése*

Az egyes vasalatlan falazatú épületek földrengések közvetlen, primer hatásaként bekövetkező összedőlésének, illetve súlyos károsodásának egyik legfőbb okaként említhetőek az egyes teherhordó épületszerkezeti elemek csatlakozási pontjainak meghibásodásai, amelyek közül különösen kritikusként emelhető ki a padlózat, vagy a tetőszerkezet függőleges falazatokkal való illeszkedési pontjai. Egyszerű, de a tapasztalatok alapján hatékony módszerként említhető a falak padlózathoz történő rögzítése fém horgonyokkal, valamint az egyes falkapcsolatok acél merevítőkkal való

megerősítése. Mindez – a falak belső stabilizációjához hasonlóan – megvalósulhat a padlózatban, illetve födémén vízszintesen fűrésszel kiképzett lyukon keresztül utófesztített merevítéssel.

### *Merevítő falas megerősítés*

A vizsgált 1990-es vráncsai katasztrófa során is bizonyítást nyert, hogy a merevítő fallal megerősített épületek földrengésekkel szembeni ellenálló képessége jelentős mértékben javult, a paneles épületek esetén csak apróbb felületi károkat szenvedtek a horizontális irányú szeizmikus erőhatásokkal szemben. A merevítő falas megoldás célja a nagyobb nyírószilárdság biztosítása a teherhordó épületszerkezetek részére. Mindez egyrésztől megvalósulhat a meglévő falaknak a korábbiakban tárgyalt független szerkezettel, vagy megoldással való nyírási teherbírásra történő megerősítése (felületi beavatkozások, utófesztítés stb.), valamint merevítő falak utólagos alkalmazásával. Mindkét eljárás során a többszintes épületek esetén különös figyelmet kell fordítani a falazaton kialakított nyílások, mint legkritikusabb pontokra. A független szerkezeti elemként beépített külső, vagy belső merevítő fal nagyon hatékony módszer az emeletes épületek teherhordó falainak megfelelő nyírószilárdság biztosítására, jelentősen hátrányosan érintheti azonban az épület belső kialakítását, illetve esztétikai hatását. Mindemellett, a kulturális örökséghez tartozó épületek esetén szintén hátrányos szempontként kell kezelni az eredeti falazati anyagok, illetve műemlék jegyeik csökkenését. [204; 81. o.] A földrengések tanulságai alapján megállapítást nyert, hogy a merevítések esetén harántfalas épületszerkezet esetén gondolni kell a hosszanti falazatok megerősítésére, továbbá hosszirányú teherhordó falas épületeknél pedig előtérbe kell helyezni a keresztirányú merevség növelését. [11; 224. o.]

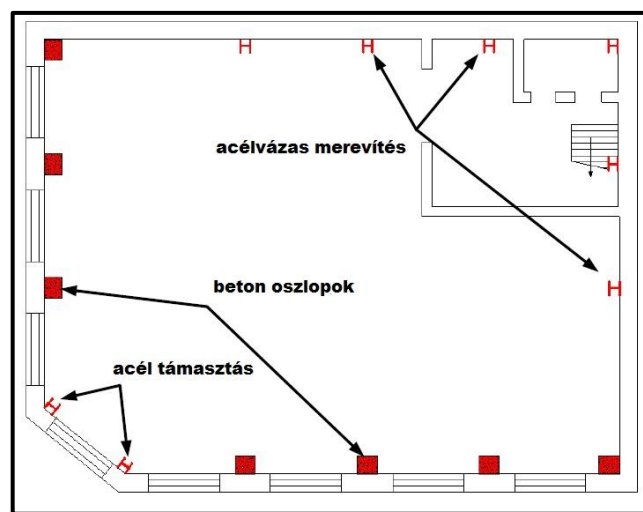
A 2010-es új-zélandi darfieldi földrengést vizsgáló hatástanulmány szerint a vasalatlan falazatú, régi építésű épületek utólagos megerősítésével jelentős eredményeket sikerül elérni a károk megelőzése terén. A földrengés-biztonsági beavatkozásokon átesett épületek jól vizsgáztak a földrengés során, főként kisebb károk keletkeztek, azonban egy megerősített építmény sem dőlt össze. A leggyakoribb sérülések a külső mellvédfalak és kémények leomlásából, valamint a falazatok és födémek csatlakozási pontjainak elvállásából keletkeztek. A sok esetben a kulturális örökség részeként is funkcionáló, régi épületeken végrehajtott utólagos megerősítések nagyrészt az alábbiak voltak:

- a falazatok felületi kezelése,



- a falazatok padlóhoz és födémhez való illeszkedési pontjainak horgonyzással történő rögzítése és
- a falazatok és mennyezet beltéri acélszerkezetes megtámasztása, illetve megerősítése. [205; 328-333. o.]

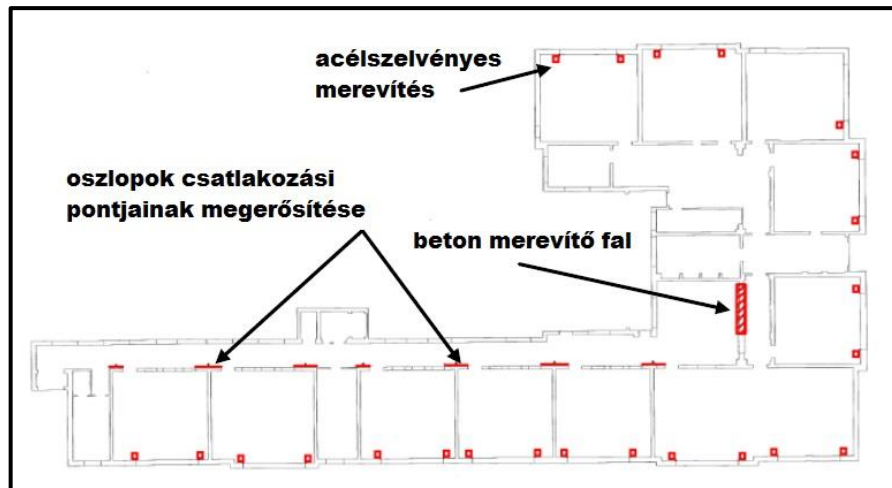
Esetenként a beltéri helyiségekben történő acélvázis merevítéssel párhuzamosan a külső falazat bizonyos részeinek átváltoztatása, illetve acélszerkezet beépítése, valamint az ablaknyílások megszüntetése és beépítése is megtörtént. A födém megtámasztását pedig külön, utólag beépített betonoszlopokkal is megerősítették (53. sz. ábra).



53. sz. ábra: Falazatok beltéri megtámasztása és merevítése

*Forrás: [205; 331. o.] Készítette: Dmytro Dizhur, Najif Ismail, Charlotte Knox at al,  
Szerkesztette: a szerző*

Az acél tartóoszlopokból és átlós merevítőkből álló szerkezeti vázelemek általában horgonyzással lettek a falazatokhoz rögzítve, az acél oszlop-gerenda kapcsolatok csatlakozási pontjainál pedig a csavarozás helyett nagyobb szakítószilárdságú hegesztési varratokat alkalmaztak. A csarnokrendszerű épületek acél zártszelvényes megtámasztást kaptak a vízszintes irányban ható igénybevételekkel szemben, helyenként pedig vasbeton merevítő falakat is beépítettek az épületek statikai megerősítésére. Az oszlopok csatlakozási pontjainak nyírási teherbíró képességének növelésére szálerősített lemezeket alkalmaztak (54. sz. ábra).



54. sz. ábra: Csarnok rendszerű falazott épületek szeizmikus terhekre történő megerősítése *Forrás: [205; 331. o.] Készítette: Dmytro Dizhur, Najif Ismail, Charlotte Knox at al, Szerkesztette: a szerző*

#### 3.4.4.2. Kő falazatú épületek földrengés-biztonságának növelése

Az olaszországi L'Aquilában hatalmas pusztítást okozó földrengés tapasztalatainak is egyik fontos aspektusa volt a régi építésű, illetve kő falazatú műemlék épületek kárérzékenysége, amelynek egyik fő oka a gyenge minőségű építőanyagokban keresendő. A földrengésekkel kapcsolatos tapasztalatok alapján kidolgozott megerősítési módszerek és eljárások sok esetben a tégláépületek esetén alkalmazott technológiákra hasonlítanak. [208; 53-68. o.]

##### *Acélmerevítéses megerősítés*

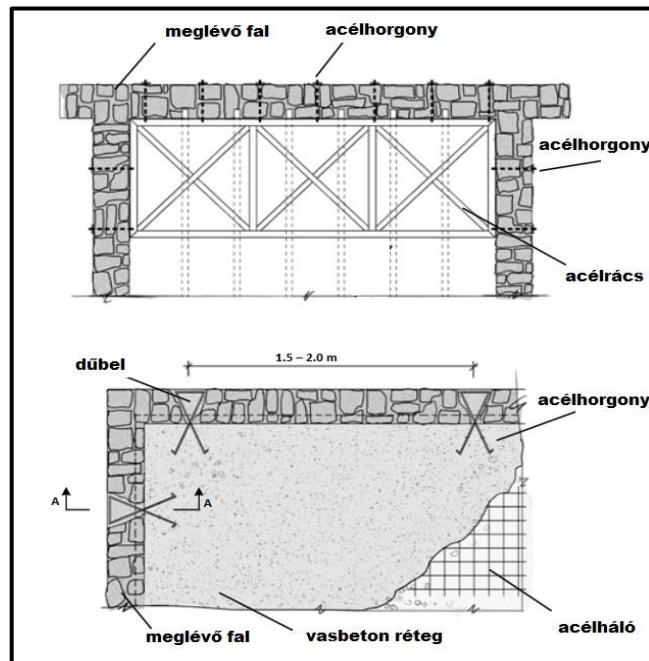
Számos országban a földrengéseket követő épületrekonstrukciós programokban komoly szerepet kapott a kő falazatú építmények acélmerevítőkkel történő megerősítése. Ennek legegyszerűbb módja a padlózat, illetve födémén vízszintesen átvezetett acélrúd, amelynek külső falazaton való végződése acéllemezes rögzítést kapnak. Ezen megoldás nagyban hozzájárul a padló és födém falazattal alkotott kapcsolatának megerősítésére, illetve elválasztódásuk – ami egyben az épület összedőléséhez is vezethet – megerősítésére. A merevítési eljárások egyben az egész építmény duktilis viselkedésének javulását nagyban elősegítik.

##### *Födém-fal és padló-fal kapcsolatok megerősítése*

A falazat és a födém csatlakozásának megerősítésére elterjedt módszer még a kapcsolódás mentén vasbeton kötőgerenda beépítése, illetve a födém szerkezethez való horgonyzása. Tekintettel arra, hogy ez az eljárás részben a kő falazat felső részének

eltávolításával jár, a kivitelezés közben szükséges gondoskodni a földem ideiglenes megtámasztásáról. Másik, szintén hatékonynak bizonyuló megoldás a fal- és földemkapcsolat acélpántokkal történő megerősítése, vékony beton stabilizáló réteg lefektetése, valamint a szarufák stabilitásának megerősítésére további merevítő tetőgerendák beépítése.

A vízszintes teherhordó szerkezetek falazattal való rögzítésének megerősítése történhet továbbá a külső felületre szerelt acélpántokkal, valamint a padlóba épített acélrácsos merevítővel, vagy acélhálóval megerősített vasbeton réteggel (55. sz. ábra). A falhoz való megfelelő rögzítés itt is a korróziós hatásoknak ellenálló acélhorgonyokkal biztosítható.



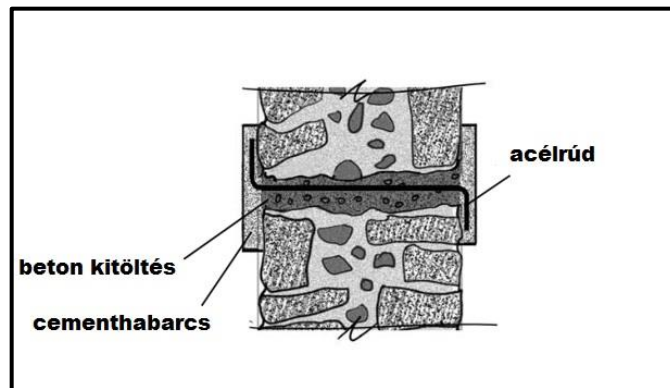
55. sz. ábra: Vízszintes teherhordó épületszerkezet acélrácsos, valamint acélhálós megerősítése *Forrás: [208; 62. o.] Készítette: Jitendra Bothara, Svetlana Brzev, Szerkesztette: a szerző*

### *Falak találkozási pontjainak megerősítése*

Az egyes oldalfalak találkozási pontja mentén a csatlakozás megerősíthető kívülről horgonnyal szerelt saroklemezekkel, vagy horgony rudakkal fixált hegesztett acélhálóval. Szintén hatékonynak bizonyult megoldás a csatlakozási pontokon utófesztett acélrúd beépítése és habarcsolása.

### *Falba épített acélmerevítés*

Az oldalfalak oldalirányú igénybevételekkel szembeni teherbírása nagyban javítható a falazatba vízszintesen fűrt lyukakba helyezett acélrudas merevítéssel, illetve a lyukak betonnal való kitöltésével (56. sz. ábra). Ez a megoldás általában a kevésbé vastag kő falazóelemekből épült falaknál alkalmazható hatékonyan a falak tönkremenetelének, illetve összedőlésének megelőzésére.



56. sz. ábra: Kő falazat belső acélmerevítéssel való megerősítése

*Forrás: [208; 64. o.] Készítette: Jitendra Bothara, Svetlana Brzev, Szerkesztette: a szerző*

### *Külső támasztó fal*

A földrengéshullámok következtében a falak síkjára horizontálisan ható igénybevételekkel szembeni megerősítésre a kőépítésű régi épületeknél nagyon elterjedt, és mérsékelt költségvetés mellett megvalósítható módszer az oldalfalak külső, kőből készült támfalakkal történő megtámasztása. Az épület geometriájának, illetve méretének függvényében a támfalak kialakításánál törekedni kell, hogy lehetőleg ne essenek túl messze egymástól (maximum 5 m), valamint kiemelt figyelmet kell fordítani a falazathoz való rögzítésre. Ez utóbbira jól bevált módszernek bizonyul a fűrt lyukakon keresztül betonba ágyazott kampós acélrudas rögzítés.

### *Felületi erősítések*

A téglafalazatú épületek esetén alkalmazott megoldások a kőépületek felületi megerősítésére is alkalmazhatóak, ily módon a lőtt betonba, vagy cement vakolatba ágyazott hegesztett acélháló, vagy cementhabarcs injektálás egyaránt elterjedt technológia a falazat húzószilárdságának megerősítésére.

#### ***3.4.4.3. Vasalatlan falazatú épületek földrengés-biztonságát fokozó stratégiák, programok***

A földrengések kiszámíthatatlanságából és a magas ráfordítási költségekből eredő bizonytalanságok nagyban megnehezítik a nagyvárosok szeizmikus biztonságának növelésére irányuló programokat, illetve kormányzati intézkedéseket. Az optimális ráfordításokat előtérbe helyező differenciált biztonság feltételeinek megteremtésével, az egyes programok során fontos *a meglévő épületek szeizmikus terhekkel szembeni megerősítésének szabályozási hátterét megteremteni és műszaki irányelveit lefektetni, valamint a fokozatosság elvét követni.* A vasalatlan falazatú épületek megerősítésére irányuló, fentiekben bemutatott egyes technológiai megoldások alapvetése is abban rejlik, hogy az egyes épületek „egy merev testként” viselkedve ellenállóbbak, mintha több, szabad mozgástomámban mozgó, rugalmas elemből álló épületszerkezetekből álló konstrukció esetén. A megerősítések során alkalmazott merevítések esetén pedig olyan oszlop-gerenda kapcsolatok létrehozására kell törekedni, ahol az oszlopok nagyobb merevséggel rendelkeznek az összedőlés kockázatát csökkentve mindezzel.

A FEMA vasalatlan falazatú épületek megerősítésére vonatkozó javaslatait követve számos program indult, illetve valósult meg az Egyesült Államokban a hagyományos falazó elemekből készült épületek földrengés-biztonságának növelésére. Több példa is megemlíthető erre. [200; 19-28. o.] A Utah államban hatályba lépett szabályozás például előírja, hogy minden tető-rekonstrukciós építkezés esetén külön szakemberrel el kell végeztetni a tető-falazat kapcsolatok és mellvédfalak szeizmikus terhekre történő felülvizsgálatát, lehetőséget adva mindezzel, hogy a megerősítésre irányuló beavatkozások a tető rekonstrukcióját megelőzve, illetve azzal egyidejűleg elvégezhetőek legyenek. Több Kalifornia állambeli nagyvárosban, mint például Berkeleyben bevezetett program keretében, az ingatlanvásárlók jelentős adókedvezményhez jutnak, amennyiben a megvásárolt ingatlanon földrengés terhekre való megerősítő beavatkozásokat, illetve fejlesztéseket hajtanak végre. Kalifornia állam délnyugati részén található Long Beach büszkélkedhet azzal, hogy azon városok közé tartozik, amelyek központilag irányított programot indítottak a vasalatlan falazatú épületek földrengés-biztonságának műszaki megerősítésekkel történő fokozására. A program korai fázisában a szakemberek felméréseket végeztek a legmagasabb kockázatú épületek azonosítására, amelyek többnyire a nagy befogadó kapacitású közösségi épületek voltak. A felmérés eredményei alapozták meg azt a hosszútávú stratégiát, amely keretében az épületek tulajdonosai pénzügyi támogatási eszközök, illetve hitelprogramok

adta lehetőségeket is igénybe tudtak venni a műszaki szabványokban meghatározott követelmények teljesítésére. A szintén kaliforniai San Luis Obispo kisvárosban 1992-től hatályban lévő rendelkezés írja elő a vasalatlan falazatú épületek szeizmikus igénybevételekre történő megerősítését. Az előírások formájában megfogalmazott célok eredményes teljesítése érdekében helyi menedzsment cégeken keresztül történt az egyes tulajdonosok tájékoztatása a műszaki követelményekről, valamint a pénzügyi támogatások lehetőségeiről. A helyi vállalkozók, illetve kapcsolattartók bevonása a konfliktushelyzetek kezelése mellett a város gazdasági potenciáljának növekedését is elősegíti. [200; 27-28. o.]

A mintaértékű kaliforniai megelőző programok mellett más példák is említhetőek a hagyományos építőelemekből készült épületek szeizmikus biztonságának növelésére irányuló állami, regionális, illetve helyi stratégiákra, illetve programokra. Hasonló célok mentén történtek épület rekonstrukciós programok a török metropoliszban, Isztambulban is. A török város esetén alapvetően az 1999-es izmiti földrengés jelentett paradigmaváltást, mivel az ezredfordulót követően a földrengés-biztonsági intézkedések a védekezési tevékenységek helyett a megelőzésre fektették a nagyobb hangsúlyt. Az isztambuli „földrengés-kockázat csökkentés és felkészülés” címmel indult projekt keretében átfogó intézkedések történtek a mintegy 15 millió lakosú nagyváros földrengés-biztonságának növelésére. A projekt kiterjedt:

- a veszélyhelyzet-kezelés eszközállományának és intézményi hátterének fejlesztésére,
- a történelmi örökség részét képező, magas kockázatú épületek azonosítását célzó felmérésre,
- a középületek műszaki megerősítésére, illetve átépítésére és
- az épületek szeizmikus teherbírására vonatkozó előírások és méretezési szabványok végrehajtását elősegítő intézkedésekre.

A fenti feladatok végrehajtásával több száz – nagyrészt hagyományos falazóelemekből épült – épület (főként iskolák, kórházak, közigazgatási intézmények) utólagos megerősítésére került sor Isztambulban. [209; 5-6. o.]

A tapasztalatok megerősítik azon elméletet, miszerint a sok vasalatlan falazó elemekből épült épületállománnyal rendelkező nagyvárosok esetén, a földrengés-biztonság fokozására irányuló programok eredményességének feltétele az egyes tervezési

egységekre vonatkozóan, a kockázatkezelési, illetve megelőzési tervek kidolgozása, a lehetséges technológiai alternatívákat, és azok alkalmazását bemutató műszaki irányelvek és útmutatók elkészítése, valamint az érintett lakosok, illetve tulajdonosok tájékoztatása. A kockázatok feltérképezése során egyaránt figyelembe kell venni az épületek korát, konstrukciós tulajdonságait, műszaki állapotát, a beépítettségi fokot, a helyi talajviszonyokat, valamint a területre érvényes szeizmikus zóna besorolást. Az intézkedési tervekben megállapított prioritások meghatározásánál szintén fontos szempont az egyes épületek rendeltetése és a kockázattal közvetlenül érintett polgári személyek száma.

Az egyes programok sikeressége szempontjából elengedhetetlen a pénzügyi és szakmai támogatási lehetőségek megteremtése, amelyek ösztönző jelleggel hatnak a fejlesztések végrehajtására. Az utólagos megerősítésre irányuló beavatkozásokat három fő tényező alapján célszerű értékelni: a szerkezeti tulajdonságok, a gazdasági szempontok és fenntarthatóság aspektusából. Az egyes megerősítésre irányuló technológia eljárások elemzésével foglalkozó nemzetközi tanulmány szerint az utólagos szerkezeti megerősítések (pl. utófeszítés, belső acélszerkezetes megerősítés stb.) költsége az épület aktuális piaci ár alapján számolt becsült értékének kb. 5 %-át teszik ki. A falazatok felületét érintő megerősítő beavatkozások jóval kisebb ráfordításokkal is megvalósíthatóak, illetve a fenntarthatóság szempontjából is kedvezőbb tulajdonságúak, ugyanakkor a régi építésű épületek esetén a megfelelő szerkezeti stabilitás, illetve duktilis viselkedés eléréséhez sok esetben nem elegendők. [210] A Kaliforniában eredményesen megvalósult rekonstrukciós beavatkozások, illetve műszaki megerősítések tapasztalataként említhető továbbá, hogy a program szintű törekvések esetén, célszerű a civil szervezetek bevonása, valamint a szigorú előírásokkal párhuzamosan támogatási ösztönző programok indítása.

A fentiek alapján elmondható, hogy a jelentős földrengés-kockázattal bíró, a korábbiakban készült épületek megerősítésére az előzőekben bemutatott műszaki lehetőségek program szintű megvalósítására számos nemzetközi példa adott, amelyek tapasztalatai nagyban elősegíthetik egy még hatékonyabb, városi földrengés-biztonsági program végrehajtását. Mindehhez elsőként a szabályozási feltételek megteremtése és stratégiai szintű tervezés szükséges, ami alapján a települések a saját erőforrásaikat felhasználva, helyi programokon keresztül tudják a biztonságnövelő beavatkozásokat megvalósítani. Szintén hatékony eszköz lehet az épület rekonstrukciós tevékenységekre vonatkozóan olyan előírások érvénybe léptetése, amelyek kötelezően előírják a kritikus

épületszerkezeti elemek szeizmikus terhekkel szembeni ellenálló képességének felülvizsgálatát, és indokolt esetben megadott iránymutatások, illetve szabványok alapján történő átalakításokat.

### 3.5. Részkövetkeztetések

- 1.) A földrengés-előrejelzéssel kapcsolatos nemzetközi kutatásokon, valamint az egyes előrejelző rendszerek működésén keresztül **megvizsgáltam** a valós idejű földrengés-előrejelzés lehetőségét Budapest vonatkozásában, és **javaslatot tettem** egy hatékonyan működtethető előrejelző-rendszer megvalósítására, illetve alkalmazására, figyelembe véve azokat a rendelkezésre álló információs csatornákat és hálózatokat, amelyekbe a rendszer egyes elemei integrálhatóak. **Megállapításom szerint** a megfelelő időelőnyt biztosító, működőképes valós idejű előrejelzés Budapest esetén a primer földrengéshullámok elemzésén, illetve modellezésén alapulva az adott kezdő időintervallumban mért elmozdulási értékek, valamint a kőzetekben bekövetkező törési mechanizmusok kezdő fázisában kibocsájtott energiák frekvenciájának vizsgálatával valósulhat meg.
- 2.) Az előrejelzések szempontjából **megállapítható**, hogy kulcsfontosságúnak azok a kommunikációs csatornák, amelyeken keresztül a riasztások, illetve információk közvetíthetők a polgári lakosság és a hivatalos szervek felé. Ennek alapján, javaslataim során figyelembe vettem a korszerű tájékoztatási, telekommunikációs és közösségi hálózatok adta lehetőségeket, és az azokkal kapcsolatos nemzetközi tapasztalatokat. **Elmondható**, hogy a rendszerek eredményességének mértéke a hasznosságuk, mely csak akkor teljesezhet ki, ha a mentőerők és a lakosság rendelkezik a kellő ismeretekkel, ami fontossá teszi ezeknek a tudásanyagoknak és eljárásrendeknek a beépítését a védelmi szektor képzésébe, valamint a lakosság felkészítésébe.
- 3.) A földrengések előrejelzésének alternatív módszereit vizsgálva, a rendelkezésre álló kutatási eredményeken és földrengés tapasztalatokon alapulva **összefoglaló képet adtam** azokról a lehetséges alternatívákról, amelyek eredményesen és hatékonyan aktiválhatják vészhelyzetben a lakosságot, valamint további kutatások alapját képezhetik. Ezeket **összevettem** a lehetőségekkel és az esetleges hátrányokkal.
- 4.) Magyarország földrengés-kockázatát vizsgálva **megállapítottam**, hogy nagyvárosaink (különösképpen Budapest) kárérzékenysége az 1900-as évek első



felében, illetve azt megelőzően, főként a hagyományos (vasalatlan) falazott technológiával épült épületek magas aránya miatt jelentősnek mondható. Hazánk területének szeizmikus aktivitását, valamint az újonnan épülő épületek szigorú méretezési előírásait (Eurocode 8) is figyelembe véve, **megállapítottam**, hogy a kármegelőzés elsősorban ezen épületek utólagos rekonstrukciójával, illetve szeizmikus igénybevételekre történő speciális megerősítéssel valósítható meg.

5.) A 4.) pontban megfogalmazottakkal szoros összefüggésben, a kockázat való mértékének, valamint a beavatkozások prioritásainak meghatározására **javaslatot tettem** a nagyvárosaink épületállományára vonatkozó térinformatikai rendszer, valamint digitális kockázati térképezés kidolgozására, és az ezek alapját jelentő szempontokra. **Álláspontom szerint** az egyes tervezési egységekre vonatkozó intézkedések meghatározásával az épületek rekonstrukciójára és megerősítésre irányuló programok és intézkedéscsomagok idő- és költséghatékonyan megvalósíthatóak.

Külföldi esettanulmányok felhasználásával a hatékonynak bizonyuló egyes műszaki alternatívák vizsgálatán keresztül **javaslatot tettem** a vasalatlan téglá, valamint kő falazatú épületek sebezhetőségének csökkentésére irányuló, átfogó földrengés-biztonsági program főbb követendő szempontjaira és konkrét műszaki megoldások.

## 4. A LAKOSSÁG RÉSZVÉTELE A MEGELŐZÉSBEN

Az eredményes megelőzés és költséghatékony megoldások megvalósítása terén nélkülözhetetlen a lakosság aktív szerepvállalása. A lakosság intenzívebb bevonása és együttműködése szükséges a hosszú távú célok és a költséghatékonyan alapuló differenciált biztonság feltételeinek megteremtéséhez, mely főként az öngondoskodás útján valósulna meg. Mindehhez meglátásom szerint bizonyos szinten paradigmaváltás kell, hogy bekövetkezzen a természeti katasztrófák által előidézett károk megelőzésére irányuló erőfeszítések terén, amellet, hogy a szakpolitikai célok kidolgozásával, műszaki előírások meghatározásával és szakmai, illetve pénzügyi támogatások biztosításával az irányítást továbbra is centralizált formában szükséges működtetni. A lakosság önvédelem keretében megvalósított saját erőfeszítései az adott térség gazdasági és társadalmi lehetőségei mellett nagyban függenek az emberek szemléletétől, illetve a katasztrófák megelőzése érdekében tett intézkedésekhez és ráfordításokhoz való hozzáállásuktól is.

A lakosság részvételének ösztönzési lehetőségeit, valamint a katasztrófa-kockázattal kapcsolatos véleményét kérdőíves felmérés (9. sz. melléklet) keretében vizsgáltam, amely során 120, véletlenszerűen kiválasztott, magyarországi lakóhellyel rendelkező személy válaszait vettem alapul.

### 4.1. A felmérés célja

A fentiek tükrében a kérdőíves kutatás **általános célja** a védekezés szempontjából tudatos építkezéshez és építészeti, illetve technológiai megoldások alkalmazásához, valamint az anyagi ráfordítások megtételéhez való hozzáállás felmérése a magyarországi lakosság körében annak érdekében, hogy összképet kapjunk a hazánkban élők ráfordítási hajlandóságáról, valamint arról, hogy milyen eszközökkel lehet hatékonyan segíteni, illetve ösztönözni a lakosságot az öngondoskodás keretében történő céltudatos kármegelőzésre.

A kutatás **elméleti célja**, hogy a felmérés eredménye hozzájáruljon a katasztrófákra való felkészülés területét érintő további kutatások folytatásához és elősegítéséhez. A felmérés eredménye elvi alapot, illetve koncepcionális megközelítést adhat szakpolitikai célok és stratégiák, valamint kollektív lakossági programok kidolgozásához.

A kutatás **gyakorlati célja** a védelmi szakemberek és döntéshozók segítése a magyarországi lakóingatlanok védelmi képességeinek növelése és indokolt fejlesztése terén, előtérbe helyezve az öngondoskodás, illetve a lakosság egyéni védelmének kérdéskörét. Mindemellett, a felmérés eredménye kiinduló alapot adhat a települések veszélyelhárítási terveihez, valamint javaslatokat a védelmi tervezésekhez.

A felmérés **módszertani célja**, hogy átfogó képet nyújtson a lakosság megelőzésre irányuló technológiai megoldásokhoz és intézkedésekhez való viszonyulásáról és szemléletéről, valamint ezzel szoros összefüggésben olyan összefüggéseket, illetve sztochasztikus kapcsolódási pontokat tárjon fel, amelyek hatékonyabbá tehetik a későbbi döntéshozást és intézkedéseket. [211; 163. o.]

## **4.2. A felmérés hipotézisei**

### *Főhipotézis:*

Az intenzív urbanizációs folyamatok, a gazdasági világválság, a magas ingatlanárak, az európai viszonylatban vett alacsony bérek, a változó demográfiai tendenciák, a súlyos következményekkel járó katasztrófák előfordulásának alacsony gyakorisága, valamint a települések általános védekezési erőfeszítései mind-mind olyan tényezők, amelyek hozzájárulnak ahhoz, hogy a lakosság adott esetben nem tartja fontos prioritásnak a lakóhelyük katasztrófákkal szembeni ellenálló képességének mértékét, vagy nem tudja annak tartani. Mindez annak ellenére is igaz, hogy a veszélyeztető természeti jelenségek – mint az árvizek és földrengések – előfordulási gyakorisága és intenzitása növekvő tendenciákat mutatnak. Feltételezésem szerint a katasztrófák által kiváltott károk megelőzésének tudatos szemléletét befolyásolja a lakóhelyül szolgáló település helye és jellege, a családi állapot, a családban levő gyerekek száma, azonban az iskolai végzettség nem, vagy csak kevésbé befolyásolja. Mindez jelentőséggel bír a felkészítési módszerek kiválasztásában.

### *Alhipotézisek:*

1. A válaszadók a katasztrófák elleni védekezést elsősorban állami feladatnak tekintik, nem pedig a polgári lakosság feladatának.
2. Lakóhelyük katasztrófák általi veszélyeztetettségét összességében alacsonynak ítélik, ezért nem, vagy csak kevés ráfordítást hajlandóak áldozni lakóhelyük védelmének fokozása érdekében, így a katasztrófa-veszélyeztetettséget nem is

tekintik fontos prioritásnak lakóingatlan választásakor (mind vásárlás és bérlet esetén sem).

3. A lakosság elsősorban árvizek/belvizek, tűz és szélsőséges időjárás hatásai által itéli magát veszélyeztetettnek, egyáltalán nem látják kockázatot terrortámadásból vagy földrengésből eredő veszélyforrások terén.
4. Feltételezésem szerint a nemzetközi katasztrófa eseményeket is figyelembe vevő, aktuális veszélyeztetettségnek megfelelő kockázatelemzések alapján adott állami támogatással és programokkal a lakosság jobban ösztönözhető lenne otthonuk védelmi képességeinek fejlesztésére, és mindezzel az öngondoskodás keretein belül, az adott helyi védelmi megoldások szerepének növelésére.

### **4.3. Változók**

*Függő változók:* a válaszadók megítélése a lakóhelyük veszélyeztetettségéről és lakóingatlanuk katasztrófákkal szembeni védelmi képességének fontosságáról, ráfordítási hajlandóság a lakóhelyük védelmi szintjének növelésére.

*Független változók:* a válaszadók életkora, családi állapota, lakóhelye, lakóingatlanjának típusa, tulajdoni viszonya.

### **4.4. A felmérés célcsoportja, a minta**

A kérdőíves felmérésre válaszolók véletlenszerűen kiválasztott, magyarországi lakóhellyel rendelkező, 18 éves, vagy annál idősebb természetes személyek. A vizsgált célcsoport 120 főből állt, korukat tekintve:

- 70 %-uk 18 és 35 év közötti,
- 22 %-uk 35 és 50 év közötti és
- 8 %-uk pedig 50 és 65 év közötti.

A megkérdezettek között a nők/férfiak arány 48/52 %.

A válaszadók:

- 74 %-a saját tulajdonú lakóingatlanban,
- 4 %-a 1 évnél rövidebb időre bérelt lakó ingatlanban és
- 19 %-a 1 évnél hosszabb időre bérelt lakó ingatlanban él.

A megkérdezettek:

- 33 %-a családi házban,
- 63%-a társasházban,
- 4 %-a pedig más jellegű ingatlanban él.

#### **4.5. A válaszok kiértékelése**

*1. Történt-e már jelenlegi lakóhelyén vagy annak közvetlen környezetében katasztrófa esemény (árvíz, földrengés, tűz, szélsőséges időjárás, vegyi baleset, terrorcselekmény stb.)*

Az összes válaszadó közül 37 % igennel, 32 % nemmel felelt, további 31 %-nak pedig nincs tudomása arról, hogy a korábbiakban történt-e már jelenlegi lakóhelyén vagy annak közvetlen környezetében katasztrófa esemény.

*2. Milyen mértékben érzi lakóhelyét vagy annak közvetlen környezetét katasztrófák hatásai által veszélyeztetve?*

A megkérdezettek 62 %-a alacsony mértékben érzi a lakóhelyét vagy annak közvetlen környezetét katasztrófák hatásai által veszélyeztetve, 10 % érzi közepes mértékben, valamint a válaszadók negyede, 25 %-a egyáltalán nem érzi veszélyeztetettnek lakóhelyét.

*3. Megítélése szerint milyen mértékben veszélyeztetik lakóhelyét vagy annak közvetlen környezetét az alábbi katasztrófa típusok?*

Az egyes katasztrófátípusok tekintetében a felmérés alapján megállapítható, hogy a válaszadók több mint fele, vagyis 51 %-a alacsony mértékben érzi veszélyeztetettnek lakóhelyét a földrengések által, 84 %-a ítéli lakóhelyét tűz által valamilyen szinten veszélyeztetve, 80%-a gondolja otthonát szélsőséges időjárás által veszélyeztetve (39 % közepes mértékben) és 42 %-a ítéli „csak” valamilyen mértékben veszélyeztetve árvíz, illetve belvíz által.

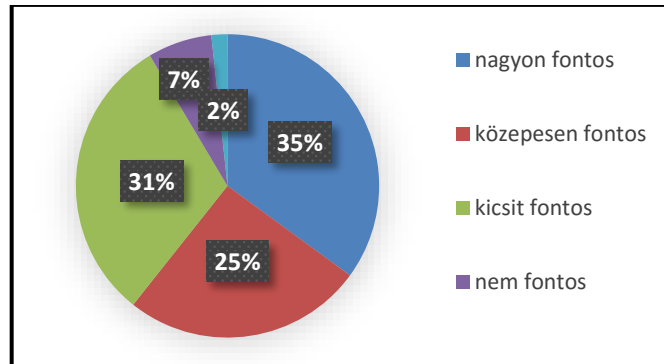
A fentiek mellett elmondható, hogy a válaszolók mintegy fele egyáltalán nem érez kockázatot terrortámadás és vegyi, vagy nukleáris baleset esetén.

A továbbiakban a felmérés eredménye céljából releváns kérdések eredményeinek elemzésére kerül sor.

*4. Osztyalozza fontosság szerint a saját célra történő lakóingatlan vásárlás esetén felmerülő, alábbi szempontokat!*

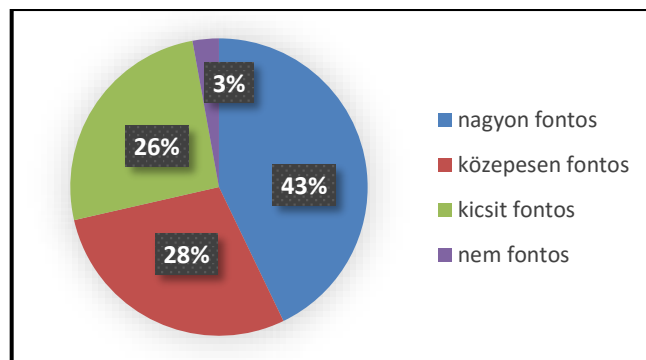
A válaszok alapján megállapítható, hogy a megkérdezettek 35 %-a lakó ingatlan vásárlásakor nagyon fontos szempontként ítéli a katasztrófa-veszélyeztetettséget, emellett további 25% értékeli közepesen és 31 % kicsit fontos tényezőnek (57. sz. ábra). Annak ellenére, hogy az előzetesen várt eredményhez képest ez az arány pozitívabb képet

ad, elmondható, hogy a megadott szempontok közül (ingatlan mérete, állapota, ár, esztétikai jellemzői, katasztrófa-veszélyeztetettség, helyszíne, illetve környezete) így is utolsó prioritásként szerepel, mivel még az esztétika is számottevő mértékben megelőzi a nagyon és közepesen fontos értékelések tekintetében (esztétika: 82 %, katasztrófa-veszélyeztetettség: 59 %).



57. sz. ábra: Katasztrófa-veszélyeztetettséget fontos szempontnak ítélok aránya az összes megkérdezett körében *Készítette: a szerző*

A katasztrófa-veszélyeztetettség szempontjának fontosságát külön vizsgáltam a gyerekekkel rendelkező családok válaszadók körében (58. sz. ábra), ami alapján megállapítható, hogy a gyerekesek fontosabb szempontként értékelik lakóhelyük katasztrófák általi veszélyeztetettségét, a „nagyon fontosat” választók esetén az összes megkérdezettekhez képest 8 %-kal, a „közepesen fontosat” felelőknél pedig 3 %-kal többen. Ezen válaszadók közül egy sem gondolta „egyáltalán nem fontosnak” a szempontot. Mindez tükrözi, hogy az embereknél a családalapítás motivációs erőként hat a biztonság feltételeinek megteremtése és a „megelőző” szemlélet felé, valamint a veszélyek komolyan vételére.



58. sz. ábra: Katasztrófa-veszélyeztetettség fontosságának aránya a gyerekekkel rendelkező válaszadók körében *Készítette: a szerző*

Ezt a megállapítást a Cramer-féle asszociációs együtthatóval is vizsgáltam, amellyel az összefüggés matematikai statisztikai módszerrel számszerűsíthető. A válaszok alapján az alábbi kombinációs táblázatban szereplő változók szerint elemeztem a gyerekvállalás és ráfordítási hajlandóság sztochasztikus összefüggését.

| válaszadó              | ingatlan értékének 5 % alatti ráfordítást tenne | ingatlan értékének 5 %-ot meghaladó ráfordítást tenne | összesen |
|------------------------|---|---|----------|
| nincsen gyereke        | 58  | 23  | 81       |
| legalább 1 gyereke van | 17  | 20  | 37       |
| Összesen               | 75  | 43  | 118      |

A két változó függetlenségének feltételezését adó  $f_{ik}^*$  gyakoriságok az alábbi képlettel számíthatóak: [212]

$$f_{ij}^* = \frac{f_{i.} \cdot f_{.j}}{N}$$

Behelyettesítve a kombinációs táblázatba:

| válaszadók             | ingatlan értékének 5 % alatti ráfordítást tenne | ingatlan értékének 5 %-ot meghaladó ráfordítást tenne | összesen |
|------------------------|---|---|----------|
| nincsen gyereke        | $(81 \cdot 75) / 100 = 60,75$                   | $(81 \cdot 43) / 100 = 34,83$                         | 81       |
| legalább 1 gyereke van | $(37 \cdot 75) / 100 = 27,75$                   | $(37 \cdot 43) / 100 = 15,91$                         | 37       |
| Összesen               | 75  | 43  | 118      |

A Cramer-féle asszociációs együttható az alábbi képlettel számítható:

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{N \cdot \min(m-1, n-1)}}$$

ahol:

$\chi^2$  (khi négyzet) számítása:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t \frac{(f_{ij} - f_{ij}^*)^2}{f_{ij}^*}$$

a fenti értékek behelyettesítésével  $\chi^2 = 9,36$

m, és n a változók oszlopainak, illetve sorainak számára vonatkozik ( $m=n=2$ ),  
tehát m-1 és n-1 minimuma: 1;

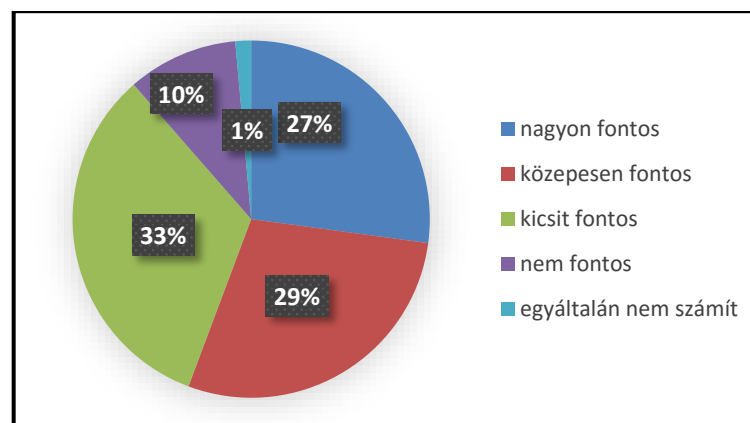
N: a kérdésre összes válaszadó száma;

C együttható: 0 és 1 közötti érték.

A Cramer-féle képletbe való behelyettesítéssel megkaptam, hogy  $C=0,282$ .

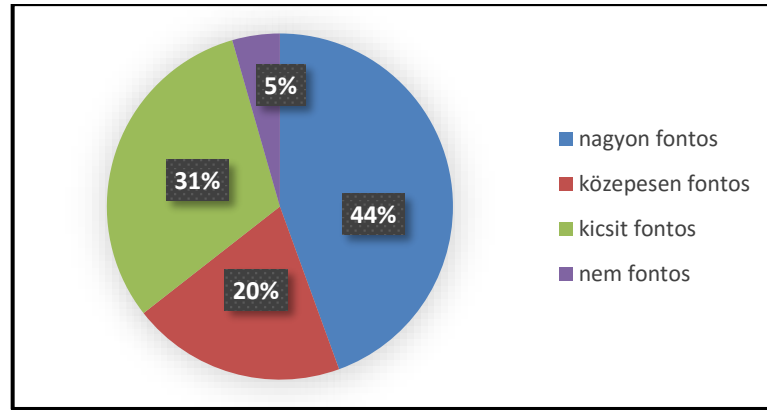
Míndez alapján megállapítható, hogy közepeshez konvergáló, gyenge sztochasztikus kapcsolat mérhető a gyerekvállalás, illetve a káresemények megelőzését célzó ráfordítási hajlandóság között.

Az alábbi ábrák (59. és 60. sz. ábra) a katasztrófa-veszélyeztettség szempontjának fontosságát hasonlítják össze a budapesti és vidéki lakóhellyel rendelkező válaszadók körében. A fővároson kívül lakók jelentősen – 17 %-kal – nagyobb aránya ítéli nagyon fontos tényezőnek a katasztrófa-veszélyeztettséget lakóhelyének megválasztásánál, aminek oka az egyéni érzékenység mellett az egyes katasztrófák előfordulási gyakoriságából, illetve kockázatából eredő területi eltérésekből is fakadhat. További ok lehet, hogy a vidéki településekre a nehezebb elérhetőség miatt a segítség lassan érkezik és gyakran több időt igényel a mentőerők felfejlődése.



59. sz. ábra: Katasztrófa-veszélyeztettség fontosságának aránya a Budapesten élő válaszadók körében *Készítette: a szerző*





60. sz. ábra: Katasztrófa-veszélyeztetettség fontosságának aránya a vidéken lakó válaszadók körében *Készítette: a szerző*

A lakosság katasztrófák általi kockázathoz való viszonyulásának vizsgálatát elvégeztem minta rétegzéssel, azaz a felsőfokú végzettséggel rendelkezők, illetve a középfokú, vagy alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezők összehasonlításában is (10. sz. táblázat). Az eredmény alapján elmondható, hogy az összes válaszadó arányában az iskolázottság szintje *nem befolyásolja* a lakosság szemléletét, mivel nagyon minimális eltérés mutatkozik meg (58 % és 59 %). Itt megjegyzendő ugyanakkor, hogy a felmérés nem reprezentatív a rendkívül hátrányos szociális körülmények között élők körét érintően.

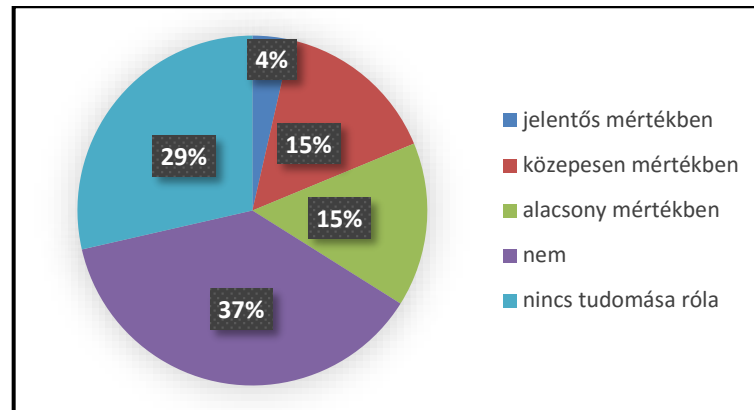
|   | katasztrófa-veszélyeztetettség nagyon vagy közepesen fontos (egységnyi válasz) | összes válaszadó tekintetében (egységnyi válasz) | százalékos arány (%) |
|---|--|--|----------------------|
| felsőfokú végzettséggel rendelkezők                 | 51   | 88   | 58                   |
| középfokú, vagy az alatti végzettséggel rendelkezők | 19   | 32   | 59                   |

10. sz. táblázat: Katasztrófa-veszélyeztetettség fontosságának aránya a válaszadók iskolai végzettségének tekintetében

5. Korábban történt-e jelenlegi lakóhelyén tűz-, víz-, vagy katasztrófaálló építészeti átalakítás (viharálló tetőszerkezet, vízszigetelés, mélyépítésű szigetelés, szerkezeti megerősítés stb.) vagy védelmi célú műszaki fejlesztés (tűzjelző, vegyi anyag érzékelő stb.)?

A válaszok alapján az esetek több mint a felénél – 52 %-nál – nem, vagy csak alacsony mértékben került sor bármilyen természeti katasztrófa általi igénybevételekkel szembeni teherbírás fokozására alkalmas műszaki fejlesztésre, vagy megelőzési

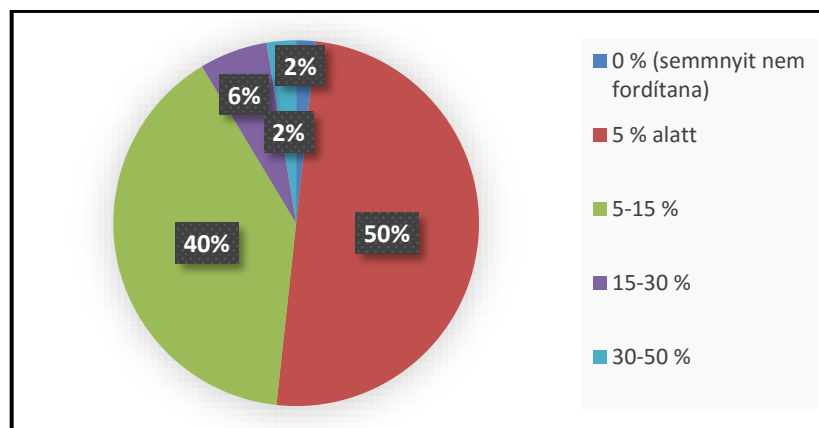
intézkedésre, a válaszadók további 37 %-ának nincs tudomása róla, hogy történt-e lakóhelyén hasonló fejlesztés (61. sz. ábra).



61. sz. ábra: Természeti csapásokkal szembeni ellenálló képességre irányuló építészeti, illetve műszaki fejlesztések aránya *Készítette: a szerző*

6. Saját tulajdonú lakó ingatlanja értékének hány százalékát fordítaná a katasztrófák elleni védelem növelésére (szerkezeti megerősítés, tűzvédelem stb.)?

A fenti eredménnyel összhangban vannak az anyagi ráfordítás hajlandóságának méréséből származó adatok is, mivel a megkérdezettek fele (50 %-a) a saját tulajdonú ingatlanja árának 5 %-a alatt áldozna a elemi csapások elleni védelem szint fokozására. Bizakodásra ad azonban okot az 5-15 % ráfordításra hajlandók aránya (40 %) (62. sz. ábra).



62. sz. ábra: a védelem szint növelésére való ráfordítás aránya az ingatlanok értékéhez mérten *Készítette: a szerző*

A fenti értékeket ugyancsak pozitív irányba mozdítja el a családalapítás, mivel az alábbi táblázatban (11. sz. táblázat) foglaltak szerint a válaszadók 55 %-át rendkívüli,

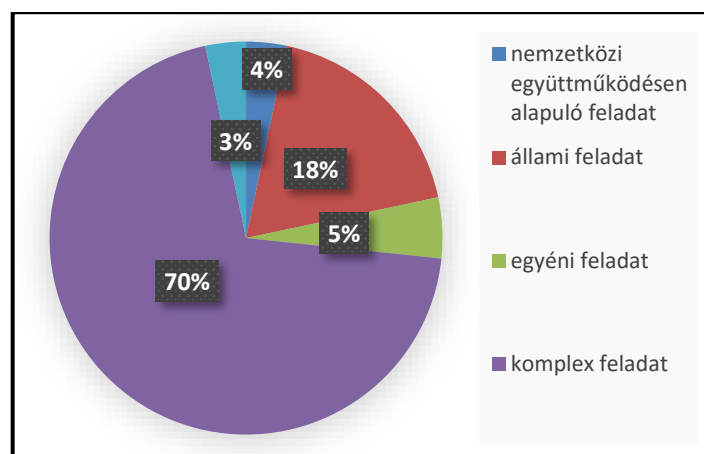
vagy nagymértékben ösztönözné a biztonság fokozására irányuló fejlesztésekre, illetve intézkedésekre a gyerekvállalás. Ugyancsak 55 % gondolja úgy, hogy az állami támogatás mértéke rendkívüli, vagy nagymértékben befolyásolná döntésüket pozitív irányba. Mindemellett, a megkérdezettek 37,5 %-ának döntését változtathatná meg ugyanilyen mértékben az egyes katasztrófák előfordulási gyakoriságának növekedése.

|   | rendkívüli, vagy nagymértékben befolyásolja hajlandóságukat |
|---|---|
| családalapítás, gyerekvállalás          | 60 %  |
| állami támogatás                        | 57 %  |
| káresemények előfordulásának növekedése | 54 %  |

11. sz. táblázat: A katasztrófák elleni védettség fokozására irányuló fejlesztésekre való hajlandóságot befolyásoló szempontok *Készítette: a szerző*

7. Megítélése szerint lakóhelyének katasztrófák elleni védelme elsősorban kinek a feladata?

A válaszadók véleménye alapján a katasztrófák elleni védelem biztosításával kapcsolatos felelősségi kör vonatkozásában egyértelmű kép rajzolódott ki, mivel a válaszok 70 %-a szerint a lakóhelyek katasztrófák elleni védelme elsősorban komplex, az állam, a lakosok és az egyes vállalkozások közös erőfeszítésén alapuló feladat. Mindössze 5 %-uk gondolja úgy, hogy ez elsősorban a lakosok egyéni felelőssége lenne, 18 % pedig főként állami feladatnak tekinti (63. sz. ábra).

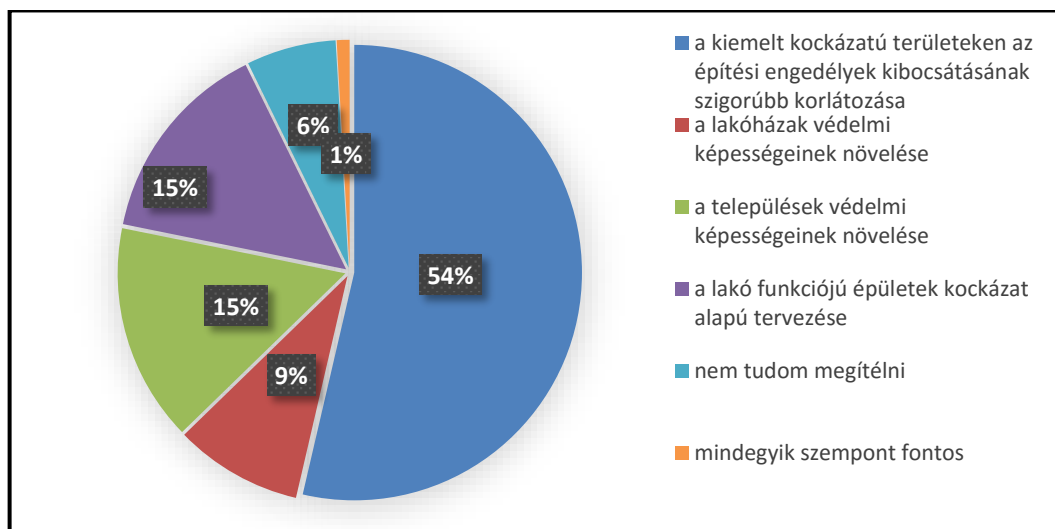


63. sz. ábra: A lakóhelyek katasztrófák elleni védelmére irányuló felelősségi kör megítélése *Készítette: a szerző*

A válaszok eloszlásának vonatkozásában megjegyzendő, hogy azon válaszadók közül, akik a kérdéskört elsősorban egyéni feladatnak tekintik, 84 %-uk kisvárosban, vagy annál kisebb településen él, többnyire saját tulajdonú családi házban. Ez az összefüggés arra enged következtetni, hogy a nagyvárosi társasházi körülmények között élők célcsoportja jobban igényli a közösségi szerepvállalást és az azzal járó támogatásokat és kedvezményeket a katasztrófák megelőzése érdekében tett erőfeszítések terén.

8. Az alábbi intézkedések közül melyiket tartja legfontosabbnak a jövőre való tekintettel a lakóházak katasztrófák hatásai általi károsodásának megelőzésére?

A lakóházak katasztrófák következményei általi károsodásának megelőzése a megkérdezettek 54 %-a szerint a kiemelt kockázatú területekre vonatkozóan szigorúbb feltételekkel kiadott építési engedélyekkel érhető el a legnagyobb mértékben a megadott szempontok közül. Mindössze 9 % gondolja úgy, hogy a kármegelőzés elsődleges lehetősége a lakóházak védelmi képességének növelése lenne (64. sz. ábra).



64. sz. ábra: Egyes kármegelőzésre irányuló intézkedések fontosságának megítélése a válaszadók véleménye tükrében *Készítette: a szerző*

A kérdőíves felmérés kiértékelése során az alábbiakat állapítottam meg:

- 1.) A feltett *főhipotézis* – mely szerint a lakosság nem tartja fontos prioritásnak lakóhelyük katasztrófákkal szembeni ellenálló képességének mértékét – csak **részben igazolódott be**, mivel főként a vidéki, de a fővárosi lakosok körét érintően is lakóingatlan vásárláskor a lakhely katasztrófa-veszélyeztetettsége összességében releváns szempontként említhető, ugyanakkor az emberek fontosabbnak ítélik az árat, vagy a ház/lakás méretét, de még az esztétikai

kialakítást is. Mindehhez hozzáadódik az is, hogy a lakosság túlnyomó többsége csak minimális anyagi ráfordítás árán lenne hajlandó fokozni lakóhelyének külső természeti hatásokkal szembeni ellenálló képességét. **Beigazolódott** továbbá, hogy a lakosság szemléletét nem befolyásolja számottevő mértékben az iskolai végzettség, ugyanakkor a védelem fokozására jelentős motivációs tényezőként említhető a gyerekvállalás, illetve családalapítás.

*Az alhipotézisek tekintetében:*

- 2.) Csak **részben igazolódott be**, hogy a válaszadók a katasztrófák megelőzését elsősorban állami feladatnak tekintik, mivel – amellet, hogy az állam szerepét jelentősnek vélik – a megkérdezettek jelentős többsége szerint a katasztrófák elleni hatékony védekezés komplex, az állam, vállalatok és állampolgárok kölcsönös erőfeszítésein alapuló feladat.
- 3.) **Bizonyítást nyert**, hogy a lakosok lakóhelyük katasztrófák általi veszélyeztetettségét összességében alacsonynak ítélik, ezért nem, vagy csak nagyon alacsony ráfordítást hajlandóak áldozni lakóhelyük védelmének fokozása érdekében, valamint az előzetes felvetésnek megfelelően a katasztrófa-veszélyeztetettséget nem tekintik kiemelt prioritású aspektusnak lakóingatlan választásakor.
- 4.) **Beigazolódott**, hogy a lakosság elsősorban árvizek/belvizek, tűz és szélsőséges időjárás hatásai által érzi magát, illetve lakóhelyét veszélyeztetettnek, valamint egyáltalán nem látnak kockázatot terrortámadásból fakadó veszélyekből. Szemben az előzetes felvetéssel, a válaszadók több mint fele kismértékben veszélyeztetettnek érzi magát földregések vonatkozásában.
- 5.) A felmérés eredménye szempontjából fontos, hogy **igazolást nyert** azon felvetés, miszerint állami támogatással és programokkal a lakosság jobban ösztönözhető lenne az elsősorban saját tulajdonú lakó ingatlanok védelmi képességeinek fejlesztésére, szívesen vennének részt ilyen jellegű felkészítésen.

A felmérés eredményein alapulva konkrét javaslatokat fogalmazok meg olyan intézkedésekre, amelyek révén az aktív lakossági szerepvállalás nagyban elősegíthető. Ilyen, öngondoskodásra sarkalló javaslatimat az alábbiakban mutatom be.

Egyes lakásbiztosítási konstrukciók segítenek természeti csapásokból eredő károk esetén, így bizonyos korlátozások mellett földrengések és árvizek esetén is fedezhetik a károkból eredő helyreállítási költségeket. A biztosítási szerződések azonban katasztrófa-helyzetben nem jelentenek megoldást, így mindenki az állami forrásokra hagyatkozik. A megelőzésre irányuló intézkedések – főként olyan esetekben, amikor emberi életek forognak kockán – nem hagyatkozhatnak a károk anyagi kompenzálására, ennek tudatosításában szintén fontos szerepe van a tájékoztatási lehetőségeknek.

A kérdőíves felmérés során kapott lakossági visszajelzések alapján megállapítottam, hogy állami, vagy települési szintű iránymutatások, támogatások és szabályozások révén lehet a lakosság aktivitását eredményesen növelni a megelőzésre irányuló erőfeszítések terén. Fontos azonban különbséget tenni családi házak és társasházak esetén. Az utóbbi esetben, a reális katasztrófa-megelőzési motiválás a lakóközösségre irányuló és kiterjedő ösztönzési és támogatási formák segítségével érhető el, tehát az épületek esetén átfogó, egységes megelőzési megoldásokról kell gondolkodni.

A korábbiakban tárgyalt, nemzetközi szervezetek által javasolt, illetve alkalmazott szempontokat és irodalmakat, valamint a hazai adottságokat is figyelembe véve, állami, regionális, vagy települési szintű intézkedésként javasolom az alábbiak megvalósítását:

- célzott beavatkozások végrehajtása, amelyek során az alábbi főbb stratégiai lépéseket kell betartani:
  1. az állapotfelmérések és a területi adottságok, jellemzők felmérése (épületdiagnosztika, lakosság körében végzett felmérés, területi veszélyeztetettség, korábbi káresemények tapasztalatai stb.);
  2. kockázati térképezés, modellezés;
  3. a prioritások, beavatkozási területek meghatározása;
  4. az érintett lakosság tájékoztatása, felkészítése és bevonása;
  5. a technológia megválasztása;
  6. végrehajtás, megvalósítás;
  7. fenntartás támogatása (szakmai, pénzügyi).
- felhívások kiírása, korlátozott nyílt pályáztatás, ennek keretében:
  1. meghatározott kritériumok kialakítása (épület életkora, építési technológiája, állapota, funkciója, lakók száma, elhelyezkedése, kockázati besorolása stb.);
  2. a célkitűzések, követelmények meghatározása;

3. műszaki-szakmai iránymutatások eljuttatása a lakossághoz, települési vezetőkhez;
  4. a megvalósítás felügyelete, folyamatos „feedback”,
  5. a fenntartás felügyelete.
- Egyéb, ösztönző hatással bíró konstrukciók és programok kiírása:
- ingatlanvásárlással kapcsolatos adókedvezmények biztosítása,
  - ösztönző hitelprogramok,
  - építési vállalkozók ösztönzése,
  - célzott pénzügyi alapok és
  - erre vállalkozó családok, közösségek támogatása.

Szintén a lakosság megelőző szemléletmódját és az ezekkel kapcsolatos intézkedések végrehajtását elősegítő, állami szintű beavatkozás lehet az adókedvezmények bevezetése a gyártói és kivitelezői oldalon egyaránt. Mindez amellet, hogy a lakosság részére kedvezőbb piaci árat generál, jobban sarkallja a vállalkozásokat is a védelmi képességek fokozására irányuló technológiai fejlesztésekre, a műszaki lehetőségek palettájának kiszélesítésére, valamint az alkalmazott módszerek hatékonyságának növelésére.

- A lakosság veszélyhelyzeti felkészítése keretében ezekre a témákra vonatkozó tartalmak beépítése mind a polgármesterek, mind a lakosság felkészítési anyagába. Lásd 10. sz. melléklet.

A megvalósítás menetére, illetve főbb lépéseire az alábbi javaslatokat teszem:

- helyzetelemzés,
- az ösztönző programok és támogatási konstrukciók kialakítása, közzététele,
- a választható módszerek és műszaki-technológiai megoldások közzététele,
- az elérni kívánt műszaki-szakmai eredmények előrejelzése,
- végrehajtási ütemterv készítése,
- a professzionális szakmai háttér biztosítása és
- folyamatos menedzsment.

#### 4.6. Részkövetkeztetések

- 1.) A kérdőívben vizsgált kérdésekre adott válaszok és azok összefüggései alapján **megállapítottam**, hogy a lakosság vélekedése szerint otthonaik katasztrófa-veszélyeztetettsége olyan szempont, amit nem lehet figyelmen kívül hagyni, ugyanakkor a konkrét, védelem specifikus fejlesztéseket és megelőző intézkedéseket, illetve ráfordításokat elsősorban központi iránymutatások és támogatások mentén tartanak megvalósíthatónak. Ennek tükrében elmondható, hogy az állami, regionális, vagy települési szintű megelőző programoknak főként lakóközösségekre, illetve lakóövezetekre kell fókuszálniuk, ami egyben egyéneknél is jobban sarkallja a lakosokat a védelmi képességek fokozásával kapcsolatos vállalásokra. Ennek tekintetében fontos szempont, hogy a magyar lakosság jelentős része városokban, illetve társasházi környezetben él, a fejlesztések tehát egységes iránymutatások és irányelvek mentén, az egyének aktív részvételével valósulhatnak meg. A felmérésen alapulva konkrét javaslatokat fogalmaztam meg olyan intézkedésekre, amelyek révén az aktív lakossági szerepvállalás nagyban elősegíthető.
- 2.) **Javaslatot tettem** az ösztönzési rendszer területeire, a megvalósítás lépéseire, valamint a lakosságfelkészítési tartalmakra.



## ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

### A kutatási tevékenység összefoglalása

A természeti katasztrófák előfordulását, következményeit és területi eloszlását globális szinten vizsgálva **bizonyítottam**, hogy a trópusi ciklonok mellett többek között a földrengések és árvizek tehetők felelőssé legfőképpen a természeti eredetű káresemények kialakulásáért. A nagymennyiségű statisztika adat vizsgálata bizonyította, hogy az elemi csapások száma társadalmi, szociális, környezeti, geológiai stb. okoknál fogva növekvő tendenciát mutat, ami előrevetíti a jövőre nézve is a biztonsággal kapcsolatos fontos feladatok szükséges végrehajtását, ami egyre inkább a megelőzés és felkészülés területét érinti.

A földrajzi és éghajlati adottságok alapján a Kárpát-medence, illetve Magyarország területének vonatkozásában az árvizek és földrengések kialakulásával kapcsolatos veszélyeztetettséget és kockázatot **vizsgáltam**. A hazánk területét érintő ezen jelenségek előfordulásának vizsgálatával **megállapítottam**, hogy a szeizmikus aktivitás tekintetében **nem mutatható ki** egyértelmű tendenciózus növekedés, ugyanakkor az előfordulás valószínűsége és a várható károk alapján vizsgált kockázat mindenképpen számottevő, amit a történelem során regisztrált földrengés káresemények is alátámasztanak, így ezekre fel kell készülni.

A folyóink áradásával összefüggésben a vízgyűjtő területeken vizsgált meteorológiai és vízrajzi adatokat elemezve hazánkban **nem találtam közvetlen összefüggést** az árvizek kialakulásának változó tendenciái, és az éghajlati folyamatok között, ugyanakkor az árvízi-veszélyeztetettség, illetve az árvízszintek növekedése az adatok alapján egyértelműen **kimutatható**. Az folyami árvizek mellett fokozódó kockázattal kell számolni a lokális, hirtelen kialakulású árvizek (villámárvizek és városi árvizek) esetén is, amelyek a fentiekkel ellentétben szoros összefüggésben vannak a szélsőséges meteorológiai jelenségek egyre gyakoribb előfordulásával.

A hazai és Európai Unió árvízi, illetve vízgazdálkodási stratégiák és irányelvek áttekintő jellegű elemzésén keresztül **megállapítottam**, hogy a kármegelőzés meghatározó szereppel bír a vízkár-elhárítási feladatok és célok megvalósítása terén, ugyanakkor egyes szegmensei alulreprezentáltak, illetve a gyakorlatban nem mutatkoznak meg. Ide sorolható a lakosság önvédelmi szerepének és lokális megelőző intézkedéseinek hiánya, valamint az innovatív technológiai megoldások háttérbe szorulása is. A hazai vízkár-veszélyeztetettség jellegét figyelembe véve olyan helyi

megelőzésre épülő, innovatív árvízmentesítési műszaki alternatívákat mutattam be, amelyekkel az öngondoskodás szerepének erősítésén keresztül a hosszú távú árvízvédelmi törekvések eredményesebbé és költséghatékonyabbá tehetőek.

A hazánkban széleskörűen alkalmazott árvízmentesítési létesítményekkel kapcsolatos SWOT elemzés segítségével **feltárt** hátrányokon, negatív hatásokon és fejlesztési lehetőségeken alapulva, egy saját elgondolásból eredő mélyépítésű, a vízzáró funkciót speciális módon ellátó műszaki szerkezeti megoldást **mutattam be**, amely nagyban elősegítheti a nyomvonalas árvízmentesítési létesítmények – különösképpen a mobil szerkezeti rendszerek, illetve parapetfalak – belterületeket érintő hatékony és káros következmények nélküli alkalmazását. A részfalként működő műszaki alternatíva működését számításokkal, illetve digitális modellezéssel is **igazoltam**.

Meteorológiai adatsorok, valamint a káresemények előfordulása alapján **igazoltam**, hogy a villámárvizek és városi árvizek egyre nagyobb kockázatot jelentenek több magyar település esetén is. Minderre tekintettel olyan felszín alatt létesített, a csapadékvíz átmeneti elhelyezésén alapuló tározó létesítményeket **mutattam be**, amelyek hosszútávon megfelelő választ jelenthetnek a városi árvizekkel szembeni kockázatra. Elemzésem során az alternatív felhasználási módok mellett, a nagyvárosaink közműhálózatába, illetve infrastrukturális adottságaiba való integrálás körülményeit is **megvizsgáltam**, és konkrét **javaslatokat tettem** a többcélú rendeltetés lehetőségeire, valamint a kiválasztásukhoz döntés-előkészítést segítő leírást állítottam össze.

A földrengések vonatkozásában nemzetközi példák alapján is **bizonyítottam**, hogy nagyvárosaink esetén nagyban elősegíthető a káresemények eszkalálódásának megakadályozása, illetve a lakosság életének megóvása **valós idejű előrejelző rendszerekkel**. Mindez alapján, adaptációs vizsgálattal Budapestre vonatkozóan **összeállítottam** a valós idejű földrengés-előrejelző és riasztó rendszer megvalósításának új koncepcióját és **bemutattam** a technológiai alapelveit a rendelkezésre álló korszerű informatikai és távközlési rendszerek, illetve eszközök alkalmazására alapozva. Ennek megvalósításával, Budapest – és akár más nagyvárosaink – esetén is létrejöhetne egy olyan rendszer, ami a földrengés kezdeti jelenségeinek méréséből eredő időelőny alapján, a megfelelően kontrollált riasztási és kommunikációs csatornákon, illetve módszereken keresztül lehetőséget ad a lakosságnak és a beavatkozó erőknek az óvintézkedések megtételére és a vészhelyzeti protokollok időben történő végrehajtására.

A Magyarországot érintő földrengés-veszélyeztetettséget és kockázatot elemezve, valamint más, hazánk környezetében előfordult földrengés-okozta káresemény

tapasztalatait vizsgálva **megállapítottam**, hogy hazánk esetén az esetleges katasztrófa-helyzet kialakulása szempontjából a „jelentős életkorú”, hagyományos falazóelemekből épült épületek magas aránya számottevő katasztrófa-kockázatot hordoz magában. A vizsgálatom elsődleges célja az egyes földrengések következményeinek vizsgálatán keresztül a kritikus építmények feltárása, másodsorban pedig a szeizmikus terhek általi szerkezeti károsodások jellegzetes formáinak ismertetése volt. **Vizsgálatom szerint** Magyarországon egy esetleges földrengés-katasztrófa kialakulásának megelőzése csak az ezeken az épületeken végzett **utólagos szerkezeti megerősítésekkel** biztosítható. Nemzetközi példák elemzésén és az egyes megerősítésekre irányuló technológiai alternatívák hatékonyságának vizsgálatán keresztül az értekezésben a vasalatlan falazatú épületek szeizmikus hatásokkal szembeni kárérzékenységének csökkentésére irányuló műszaki alternatívákat kerestem és **javasoltam**.

Az egyes műszaki beavatkozási lehetőségek elemzését követően, kutatásom során **javaslatot tettem** egy olyan digitális térinformatikai állomány létrehozására, amellyel a kockázat mértéke területileg is lehatárolható, valamint a szükséges beavatkozásokkal kapcsolatos prioritások meghatározhatóak. Részletesen meghatároztam a térképes állomány céljait, várható alkalmazási lehetőségeit és szempontjait. Mindemellett, az Egyesült Államokban mintaprogramként jeleskedő projektek, illetve törekvések analógiáján alapulva **javaslatot tettem** olyan központilag irányított program meghirdetésére, amellyel a megerősítésre irányuló beavatkozások a lakosság aktív részvételével eredményesen végrehajthatóak lennének. Megállapítottam, hogy ezen intézkedések sikeres végrehajtásának feltétele pénzügyi támogatási konstrukciók biztosítása, valamint a műszaki beavatkozásokra vonatkozó követelményrendszer kidolgozása.

Tekintettel arra, hogy az értekezésben bemutatott, illetve javasolt koncepciók és megelőző műszaki megoldások is igénylik a lakosság aktív részvételét, vagy ráfordításait, ezért kérdőíves felmérés keretében **mértem** fel a hazai lakosság megelőző intézkedésekhez való **hozzállását és hajlandóságát**, valamint az ösztönzési lehetőségek célterületeit. A felmérés legfőbb eredményeként **megállapítottam**, hogy a lakosság általános véleménye szerint minimális anyagi ráfordítás mellett, de hajlandó fokozni lakóhelyének természeti csapásokkal szembeni védelmi képességét. A válaszadások alapján **igazoltam azt is**, hogy a családalapítás, a gyerekvállalás és az állami segítség jelentős ösztönző tényezőként hathat a lakosok katasztrófák megelőzésére irányuló szemlélete terén. Az emberek az állami szerepet azonban még mindig előtérbe helyezik

a katasztrófák megelőzésében az önkormányzati és a saját erőből történő erőfeszítésekkel szemben. A szemlélet formálását célszerű a jövőben ebből a szemszögből is megkezdni. A kormányzati, vagy önkormányzati programok és támogatási konstrukciók indításával, valamint a lakosság felkészítésébe beépített erre vonatkozó tartalmakkal és ismeretekkel pedig jelentős mértékben elősegíthető lenne a meglévő lakóingatlanok védelmi szempontú korszerűsítése, valamint új, a veszélyeztetettségnek megfelelő biztonsági paraméterekkel rendelkező lakóépületek megépítése.

### **Új tudományos eredmények**

- 1.) Nemzetközi adatok elemzésén alapuló kimutatásokkal **igazoltam**, hogy a természeti katasztrófák előfordulásával és hatásaival kapcsolatos tendenciák Magyarország vonatkozásában is szignifikáns egyezést mutatnak, miszerint mind a földrengések és árvizek vonatkozásában növekvő veszélyeztetettséggel kell számolni hazánkban is.
- 2.) A nyomvonalas árvízmentesítési létesítmények elsősorban belterületi alkalmazásának hatékonysági fokozására olyan új, mélyépítési műszaki megoldást **mutattam be**, amellyel a vízzárás biztosítása és a talajvíz visszaduzzasztásából eredő problémák megelőzése is megvalósítható.
- 3.) **Elsőként mutattam be** hazánk vonatkozásában átfogóan a városi árvizek kártételének megelőzésére olyan felszín alatti tározási megoldásokat, amelyek a fenntartható integrált városi vízgazdálkodás részeként hosszú távon alkalmazható megoldást jelentenek hazánk egyes nagyvárosai esetén is.
- 4.) **Javaslatot tettem** azon intézkedésekre és műszaki megoldásokra, amelyek révén az épületek szeizmikus igénybevételekkel szembeni ellenálló képessége hazánkban is növelhető, valamint egy digitális döntés-támogatórendszer kialakítására, amely segítségével a megelőzés keretében történő beavatkozások hatékonysága, valamint a földrengés-biztonság szintje jelentősen fokozható.
- 5.) **Meghatároztam** a magyarországi lakosok közreműködési hajlandóságát a biztonságos építkezésre vonatkozólag és **javaslatokat** fogalmaztam meg az lakossági öngondoskodás erősítését célzó koncepciókra, programokra és eszközökre.

## Ajánlások

Az értekezés kollektíven mutatja be a természeti katasztrófák, illetve az előfordulásukat befolyásoló jelenségek hosszú távú tendenciái tükrében az árvíz- és földrengéskárok megelőzését célzó, korszerű műszaki alapelveket és alternatívákat figyelemmel a hazánkban jellemző földrajzi, természeti, társadalmi, településszerkezeti és építészeti viszonyokra. Tekintettel arra, hogy az értekezésben javasolt megoldásokat és terminológiákat a hosszú távú veszélyeztetettség figyelembevételével vizsgálom, a lehetőség adott a megelőzés és felkészülés nyitott rendszerének keretein belül ***további kutatások folytatásához***, amelyekhez jelen dolgozatban irányvonalakat kívánok adni. A kutatásaim egyik releváns célkitűzéseként, az értekezést ajánlom a témát érintő hazai szakirodalmi háttér kibővítését szolgáló alapként mindazon preventív földrengés- és árvízvédelmi megoldások terén, amelyek a meglévő infrastruktúrák és műszaki adottságok, illetve készségek továbbfejlesztését és alternatíváit szolgálják. Mindemellett, az értekezés gyakorlati hasznosítását az alábbi területeken javaslom:

- a természeti katasztrófák, illetve káresemények megelőzését célzó és támogató új koncepciók, ágazati stratégiák kidolgozásához, és a szakpolitikai és jogszabályi háttér megerősítéséhez,
- a megelőzési, illetve felkészülési célokra alkalmazott korszerű eszközállomány megválasztási és fejlesztési alapelveinek és módszertanának elősegítéséhez,
- a nemzetközi szinten hatékonynak bizonyult műszaki alternatívák és technológiák integrálása a hazai gyakorlatba, valamint adaptálása a helyi adottságokhoz és viszonyokhoz,
- a lakosság felkészítése, a preventív katasztrófavédelem szemléletének erősítése, a lakosság hatékony tájékoztatása a korszerű és innovatív kommunikációs csatornákon keresztül,
- a szakirányú felsőoktatási tanulmányokban részvevő hallgatók képzésének, valamint a védelmi szakemberek továbbképzésére irányuló oktatási programok és képzési formák keretein belül való hasznosítás,
- lakosságvédelmi, illetve a lakosság aktív részvételét előirányzó programok lebonyolításának terminológiájához és célterületeinek meghatározásához,
- a védelmi szféra területén dolgozó szakemberek és döntéshozók munkájának elősegítéséhez,

- a katasztrófák megelőzésére irányuló műszaki alternatívák tervezéséhez, koncepciójának meghatározásához, illetve az ezek végrehatását célzó beruházások támogatásához, és nem utolsósorban
- a nemzetközi tudományos szintű kapcsolatok, valamint a hazai kutatási eredmények és innovációs tudás transzfer nemzetközi szerepének és jelentőségének erősítéséhez.

*Javaslatok a további kutatásokhoz*

A témával szoros összefüggésben az alábbi, további vizsgálatokat, illetve kutatásokat ajánlom, amelyeknek jelen értekezésben történő tárgyalására a javaslatokkal érintett témák specifikumai, valamint a kutatási tevékenység lehatárolása és az értekezés terjedelmi korlátai okán nem volt mód:

- a globális terrorizmus hatásainak, illetve aspektusainak vizsgálatát a katasztrófák megelőzését célzó intézkedések és létesítmények vonatkozásában (pl. árvízmentesítési létesítmények szabotázs védettsége, kritikus infrastruktúra, illetve létfontosságú létesítmények külső természeti hatásokkal, és szabotázs kísérletekkel szembeni védettségének összehangolása stb.),
- az esetleges jövőbeni káresemények által érintett területeken a lakosság körében végzett kérdőíves felmérés keretében vizsgálni a keletkezett károk jellegét, helyét és mértékét a megfelelő megelőzési intézkedések, illetve válaszok meghatározásának elősegítése érdekében. Célszerű a válaszadás megkönnyítése érdekében a kérdező által megadott felsorolásokat alkalmazni,
- az értekezésben tárgyalt egyes műszaki megoldásokkal kapcsolatos szabványosítások megvizsgálását, valamint jogszabályi nevesítések felülvizsgálatát és harmonizációját (pl. villámárvizek, városi árvizek, mobil árvízvédelmi falak stb.),
- a katasztrófavédelem nomenklatúrájához illeszkedő, angol-magyar szakszótár elkészítését és kiadását, ami nagyban elősegíthető az értekezés témáját érintő, tudástranszfer alapú további kutatásokat,
- az értekezésben tárgyalt, árvízmentesítést érintő technológiák korszerű zöld infrastruktúra elemekkel történő megvalósítási lehetőségeinek feltárását,
- a mobil árvízvédelmi rendszerek és az öngondoskodás keretében alkalmazható eszközök és létesítmények jeges ár hatásaival összegű kockázatainak átfogó vizsgálatát, valamint

- a gazdasági kárérzékenységen alapuló, differenciált védelem megelőző időszak keretében történő stratégiai és gyakorlati megvalósításának kutatását.

A fentiek mellett javaslom a hazai szakemberek és kutatási tevékenységet végző oktatók, hallgatók fokozott segítségét és támogatását a természeti katasztrófák megelőzését érintő műszaki tudományokkal kapcsolatos nemzetközi fórumokon és külföldi szimpóziumokon való aktív részvételükben, a tudástranszfer szempontjainak és előnyeinek figyelembevétele mellett. Mindezzel összhangban, a témát érintően javaslom továbbá az „innováció szempontú” rugalmas szemlélet növelését és előtérbe helyezését mind a hazai védelmi igazgatás intézményrendszerében és a jogszabályalkotás vonatkozásában.

## HIVATKOZOTT IRODALMAK JEGYZÉKE

- [1] Centre of Research on the Epidemiology of Disasters: The International Disaster Database (CRED EM-DAT). Criteria and Definition, URL: [http://www.emdat.be/advanced\\_search/index.html](http://www.emdat.be/advanced_search/index.html) Letöltés ideje: 2017.03.10.
- [2] Nemzeti Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégia (2013-2020). Nemzetgazdasági Minisztérium, Nemzeti Innovációs Hivatal
- [3] United Nations Office for Disaster Reduction (UNISDR). Disaster Statistics, URL: <https://www.unisdr.org/we/inform/disaster-statistics> Letöltés ideje: 2017.03.10.
- [4] Magyarországi földrengés-megfigyelő állomások. HUN-RENG Magyarország Földrengési Információs Rendszere, URL: [http://www.foldrenges.hu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28:a-magyarorszagi-foeldrengesmegfigyel-allomasok&catid=2&Itemid=24](http://www.foldrenges.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=28:a-magyarorszagi-foeldrengesmegfigyel-allomasok&catid=2&Itemid=24) Letöltés ideje: 2015.06.30.
- [5] National Association of Radio Distress-Signalling and Infocommunications. Emergency and Disaster Information Service, Alertmap, URL: <http://hisz.rsoe.hu/alertmap/index2.php> Letöltés ideje: 2014.10.27.
- [6] Magyarország éves és évszakos középhőmérséklet változása. Országos Meteorológiai Szolgálat, URL: <http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/Magyarorszag/> Letöltés ideje: 2015. 11.12.
- [7] Központi Hidrológiai Adattár archívum. Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Nonprofit Kft. URL: <http://www.hydroinfo.hu/vituki/archivum/bp.htm?evszam=1985> Letöltés ideje: 2015.11.21.
- [8] FEMA training guide. Session No. 15, Theory, Principles and Fundamentals of Hazards, Disasters, and U.S. Emergency Management, FEMA Emergency Management Institute, 1-43. o. URL: [www.training.fema.gov/hiedu/docs/hazdem/session%2015--fundamentals%20of%20us%20em%20iii.doc](http://www.training.fema.gov/hiedu/docs/hazdem/session%2015--fundamentals%20of%20us%20em%20iii.doc) Letöltés ideje: 2015.11.30.
- [9] Tóth László, Mónus Péter, Zsíros Tibor at al: Magyarországi Földrengések Évkönyve 1995-2016. GeoRisk Földrengés Mérnöki Iroda Kft., Budapest, 1996-2017. URL: <http://www.georisk.hu/Bulletin/bulletinh.html> Letöltés ideje: 2017.03.30.
- [10] Zsíros Tibor, Mónus Péter, Tóth László: Hungarian Earthquake Catalog (456-1986). Seismological Observatory, Geodetic and Geophysical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 1988. 1-182. o.
- [11] Csák Béla, Hunyadi Ferenc, Vértes György: Földrengések hatása az építményekre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981. ISBN 9631032558, 1-355. o.



- [12] Dr. Dulácska Endre: Téglából falazott szerkezetek statikai vizsgálata és megerősítése. Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata, Budapest, 1998. 23 o.
- [13] Dr. Dulácska Endre, Dr. Kollár László: Méretezés földrengésre az európai irányelvek alapján. 1-8. o.
- [14] Katona Tamás J: Safety assessment of the liquefaction for nuclear power plants. Pollack Periodica: An International Journal for Engineering and Information Sciences 10: (1), 2015. 39-52. o.
- [15] Dr. Katona Tamás János: A Paksi Atomerőmű földrengésbiztonsága földrengésveszély újraértékelésétől a célzott biztonság felülvizsgálatáig. Katasztrófavédelmi díj pályázati munka, 2012.
- [16] Varga Péter: Földrengések előrejelzése. Magyar Tudomány, MTA, 172. évfolyam 7. szám, 2011. ISSN: 0025 0325, 843-860. o.
- [17] Mahler András, Nagy László: Árvízvédelmi gát szivárgás csökkentése vízzáró fal alkalmazásával. XXX. Országos Vándorgyűlés, Magyar Hidrológiai Társaság, Kaposvár, 2012. június 4-6. ISBN 978-963-8172-29-7, 1-6. o.
- [18] Nagy László: Árvízi kockázat az árvízvédelmi gát tönkremenetele alapján. PhD értekezés, Budapest, 2005. 1-121. o.
- [19] Schweitzer Ferenc, Nagy István, Alföldi László: Jelenkori övzátony (parti gát) képződés és hullámtéri lerakódás a Közép-Tisza térségében. Földrajzi Értesítő 41. évf. 3-4. füzet, 2002.
- [20] Dr. Szigyártó Zoltán: A hazai ármentesítés előzményei és kialakítási módjának indokai. In Dr. Szlávik Lajos (főszerk.), A fok-gazdálkodás és az ármentesítés, Válogatás Dr. Szigyártó Zoltán kutatási eredményeiből, Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 2016. ISBN 978-963-12-5069-5, 131-137. o.
- [21] Nagy László, Dr. Szlávik Lajos: Árvízvédekezés a gyakorlatban. Környezetvédelmi- és Vízügyi Minisztérium Vízügyi Hivatala, Budapest, 2003. ISBN 963 552 381 5, 1-400. o.
- [22] Dr. Szlávik Lajos: Vízkár-elhárítási oktatási segédlet. Országos Vízügyi Főigazgatóság, 2016.
- [23] Pirkhoffer Ervin, Czigány Szabolcs, Geresdi István: Villámárvíz kialakulása és modellezhetősége Magyarországon. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, konferenciakötet, Debrecen, 2010. ISBN: 978-963-06-9341-7, 131-141. o.
- [24] Gayer József, Ligetvári Ferenc: Települési vízgazdálkodás csapadékvíz-elhelyezés. Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet, Budapest, 2006.
- [25] Magyar Értelmező Kéziszótár. I. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992. Kiadványszám: I/9

- [26] Révai testvérek: Révai Nagy Lexikona. IX. kötet, Révai Testvérek Irodalmi Társaság, Budapest, 1914.
- [27] Szabó József (főszerk): Hadtudományi Lexikon. I. kötet, Budapest: MHTT, 1995. XVI, ISBN 9630452278
- [28] 1999. évi LXXIV. törvény a katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéséről (hatályon kívül).
- [29] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- [30] 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction. Published by the United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), Geneva, Switzerland, May 2009.
- [31] Hornyacsek Júlia: Polgári Védelmi Alapismeretek I. 1. melléklet, ZMNE Vegyi- és Katasztrófavédelmi Intézet, 2009. ISBN: 978-963-7060-66-3
- [32] Dr. Muhoray Árpád: Katasztrófaregelőzés I. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, egyetemi jegyzet, kiadó: NKE Szolgáltató Nonprofit Kft., Budapest, 2016. ISBN: 978-615-5527-85-2
- [33] Carl Haub, Toshiko Kaneda, 2014 World Population Data Sheet (Population Reference Bureau. Washington DC, USA, 2014. URL: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2014/2014-world-population-data-sheet/population-clock.aspx> Letöltés ideje: 2014.10.27.
- [34] Magyar Értelmező Kéziszótár. II. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992. Kiadványszám: I/9, 1-1550. o.
- [35] Szabó József (főszerk): Hadtudományi lexikon. II. kötet, Budapest, MHTT, 1995. ISBN 9630452286, 843-1584. o.
- [36] Endródi István: A katasztrófavédelem feladat és szervezetrendszere. Egyetemi szakanyag, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013. 1-91. o.
- [37] L. Kátai-Urbán, Gy. Vass: Development of Hungarian System for Protection against Industrial Accidents, 18. Medzinárodná Vedecká Konferencia Riešenie Krízových Situácií v špecifickom prostredí, University of Zilina, 5-6 June 2013. 229-239. o.
- [38] Dr. Nagy Károly, Dr. Halász László: Katasztrófavédelem. Egyetemi jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2002. 1-161. o.
- [39] Tóth Anna Judit: Földrengések az ókorban. „Mégis mozog a föld” - Kis-Ázsiában, História, 2000. 3. szám, URL: <http://www.historia.hu/archivum/2000/tart0003.htm> Letöltés ideje: 2015.11.30.

- [40] Christopher M. Gerrard, David N. Petley: A risk society? Environmental hazards, risk and resilience in the later Middle Ages in Europe, *Natural Hazards*, 15 June 2013. 69:1051–1079. o
- [41] K. Bradley Penuel, Matt Statler: *Encyclopedia of Disaster Relief*. New York University, 2011. ISBN: 978-1-4129-7101-0
- [42] *The Management of Disasters*. Waseda University, Chapter 1, 1-35. o. URL: [http://www.waseda.jp/gsaps/eai/educational\\_program/PDF\\_WS2015/Lecture1\\_Reading2\\_Zha.pdf](http://www.waseda.jp/gsaps/eai/educational_program/PDF_WS2015/Lecture1_Reading2_Zha.pdf) Letöltés ideje: 2016.10.10
- [43] Damon P. Coppola: *International Disaster Management*. Burlington, USA, 2011. ISBN 978-0-12-382174-4, second edition
- [44] The World Bank, GDP per capita, URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> Letöltés ideje: 2016.10.10
- [45] Az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK irányelve az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről.
- [46] Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése, összefoglaló dokumentum, ÁKK Konzorcium (az Országos Vízügyi Főigazgatóság megbízásából), 2015. szeptember
- [47] Centre of Research on the Epidemiology of Disasters: The International Disaster Database (CRED EM-DAT). What are the EM-DAT criteria, URL: <http://www.emdat.be/frequently-asked-questions> Letöltés ideje: 2017.03.10
- [48] Ár- és belvíz, valamint villámárvíz kockázat értékelése hazánkban. Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, 2011. URL: <http://www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan412.pdf> Letöltés ideje: 2015.11.11
- [49] Kovács Péter: Vízjárás típusok és a vízjárás stabilitása a Duna vízgyűjtő területén, doktori értekezés, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Földtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2009, 1-143. o.
- [50] Kollega Tarsoly István, Balogh Margit, Bekény István at al: Magyarország a XX. században. II. kötet, Éghajlat, Természeti környezet Babits Kiadó, Szekszárd, 1996-2000. ISBN 9639015091, URL: <http://mek.oszk.hu/02100/02185/html/102.html> Letöltés ideje: 2015.11.11.
- [51] Havi körkép. Metnet időjárás adatbázis, URL: <http://www.metnet.hu/?m=napi-adatok&sub=4&pid=8874&date=2015-12> Letöltés ideje: 2015. 11.12.
- [52] National Oceanic and Atmospheric Administration. National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS), National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce, URL: <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo#TOP> Letöltés ideje: 2015.11.02.

- [53] A meteorológiai megfigyelőállomások főbb adatai. Központi Statisztikai Hivatal, URL: [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_met002b.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_met002b.html) Letöltés ideje: 2015.11.12.
- [54] A 2015-ös év éghajlati értékelése. Országos Meteorológiai Szolgálat, 2016. április 5. URL: [http://www.met.hu/omsz/OMSZ\\_hirek/index.php?id=1523&hir=A\\_2015-os\\_ev\\_eghajlati\\_ertekelese](http://www.met.hu/omsz/OMSZ_hirek/index.php?id=1523&hir=A_2015-os_ev_eghajlati_ertekelese) Letöltés ideje: 2016. 04.23.
- [55] Climate Change 2014, Impacts, adaption and vulnerability. Summary for policy makers, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. 1-44. o.
- [56] Fekete Zsigmond: A Tisza folyó medrének közép-keresztmetszelvényei. Vízügyi Közlemények, Országos Vízépítési Igazgatóság, I. évf. 6. füzet, Budapest, 1911. november-december, 1-178. o., URL: [http://apps.arcanum.hu/vizugyi/a111126.htm?v=pdf&a=pdfdata&id=VizugyiKozlemenyek\\_1911&pg=584&lang=hun#pg=584&zoom=f&l=s](http://apps.arcanum.hu/vizugyi/a111126.htm?v=pdf&a=pdfdata&id=VizugyiKozlemenyek_1911&pg=584&lang=hun#pg=584&zoom=f&l=s) Letöltés ideje: 2015.11.28.
- [57] Gábris Gyula, Telbisz Tamás, Nagy Balázs, Emanuele Belardinelli: A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. Vízügyi Közlemények, Országos Vízügyi Főigazgatóság, 84. évf. 3. füzet, Budapest 2002. 1-480. o.
- [58] Dr. Szigyártó Zoltán, Dr. Rátkay István: A Tisza hullámtér leromlott vízszállító-képességének rendezése. Hidrológiai Közöny, Magyar Hidrológiai Társaság, 2010. évi 1. szám, 29-31. o.
- [59] Dr. Szilávik Lajos: A 2013. évi árvizek és belvizek krónikája. Kiadta: Országos Vízügyi Főigazgatóság, ISBN 978-963-12-0436-0, 1-315. o.
- [60] Horváth Ferenc, Bada Gábor: a Pannon-medence recens tektonikája. Magyarország földrengés-biztonsága c. tudományos konferencia kiadvány, Győr, 2002. 1-14. o.
- [61] Völgyesi Zsolt: A Kárpát-Pannon térség geodinamikája. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1-20. o. URL: [http://oktatas.epito.bme.hu/pluginfile.php/28549/mod\\_resource/content/1/gf09m\\_sc.pdf](http://oktatas.epito.bme.hu/pluginfile.php/28549/mod_resource/content/1/gf09m_sc.pdf) Letöltés ideje: 2015.10.13.
- [62] Tóth László, Győri Erzsébet, Mónus Péter at al: Seismic Hazard in the Pannonian Region. In: Pinter, N., Grenczy, Gy., Weber, J., at al: The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards Springer Verlag, NATO ARW Series, Vol. 61, 2006. 369-384. o.
- [63] Tóth László, Mónus Péter, Kiszely Márta: Magyarországi földrengések évkönyve 2013. GeoRisk, Budapest, 2014. ISSN 1589-8326, 1-137. o.
- [64] Tóth László, Mónus Péter, Zsíros Tibor at al: Magyarországi földrengések évkönyve 2011. GeoRisk, Budapest, 2012. ISSN 1589-8326, 1-161. o.

- [65] R. A. Guiseppi: The Indus Valley and the genesis Of South Asian Civilization. URL: [http://history-world.org/indus\\_valley.htm](http://history-world.org/indus_valley.htm) Letöltés ideje: 2016.12.05.
- [66] Sandra Postel: Egypt's Nile Valley Basin Irrigation, 1-4. o., URL: <http://www.waterhistory.org/histories/nile/nile.pdf> Letöltés ideje: 2016.12.10.
- [67] D. Koutsoyiannis, N. Zarkadoulas, A. N. Angelakis, G. Tchobanoglous: Urban Water Management in Ancient Greece: Legacies and Lessons. Journal of Water Resources Planning and management, Volume 134 Issue 1, 2008. 45-54. o
- [68] Guangwei Huang: A Comparative Study on Flood management in China and Japan. Water Journal, Issue 6, 2014. ISSN 2072-4441, 2821-2829. o.
- [69] Lászlóffy Woldemár: A Tisza: Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a Tisza vízrendszerében. Akadémia kiadó, Budapest, 1972. 1-610. o.
- [70] Nagy László: Az 1876. évi árvizek. Források a vízügy múltjából 11. Budapest, 2007. 1-353. o.
- [71] Tóry Kálmán: Az Al-Duna szabályozása. Vízügyi Történeti Füzetek 5. Budapest, 1982. 1-79. o.
- [72] Dr. Szilávik Lajos: Árvízmentesítés-árvízvédelem. főiskolai jegyzet, Eötvös József Főiskola, Baja, 2005. ISBN 963 7290 32 x, 1-381. o.
- [73] Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról.
- [74] A Belügyminisztérium közleménye Magyarország Árvízi Országos Kockázatkezelési Tervéről, Hivatalos értesítő, 2016. évi 14. szám, a Magyar Közlöny Melléklete, 2016.04.07. 1261-1318. o.
- [75] Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv), Magyarország Kormánya, 2017.
- [76] 1022/2003. (III. 27.) Korm. határozat a Duna és a Tisza árvízvédelmi műveinek felülvizsgált fejlesztési feladatairól, valamint a Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésére vonatkozó koncepcióról (a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése).
- [77] 41/2014. (VIII. 5.) BM rendelet a folyók mértékadó árvízszintjeiről szóló 11/2010. (IV. 28.) KvVM rendelet módosításáról (nem hatályos) és 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet a folyók mértékadó árvízszintjeiről
- [78] Az árvízmentesítés és az árvízvédekezés legjobb gyakorlata c. dokumentum. 2003. szeptember 9. hely nélkül
- [79] Floods and floodplains. Training guideline, Chapter 2 – Types of floods and floodplains, Federal Emergency Management Agency, 1-9. o. URL: <http://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%202%20types%20of%20floods%20and%20floodplains.pdf> Letöltés ideje: 2016.03.10.
- [80] Antal Örs, Hornyacsek Júlia: Az árvízmentesítés létesítményeinek szerepe az árvízkarok megelőzésében. Hadtudomány, elektronikus szám, 2015. ISSN 1588-

0605, 249-268. o. URL:

[http://mhtt.eu/hadtudomany/2015/2015\\_elektronikus/21\\_ANTAL\\_HORNYACS\\_EK.pdf](http://mhtt.eu/hadtudomany/2015/2015_elektronikus/21_ANTAL_HORNYACS_EK.pdf) Letöltés ideje: 2016.03.10.

- [81] Varga Miklós, Váradi József: Vízvisszatartás - Tározás – Vidékfejlesztés: Javaslatok a vízgazdálkodás hosszú távú fejlődési irányaihoz. MTA Történettudományi Intézet, Budapest, 2010. 1-271. o.
- [82] Dr. Szlávik Lajos: A 2013. évi árvizek és belvizek krónikája. Kiadta: Országos Vízügyi Főigazgatóság, ISBN 978-963-12-0436-0, 1-315. o.
- [83] Bárdos Zoltán: A területi rendeltetésű árvízvédelmi komplex polgári védelmi szervezetek szakkiképzésének szerepe az önkormányzati ár- és belvíz elleni védekezésben. Hadmérnök, V. évfolyam 3. szám, 2010. 264-280. o.
- [84] Szakmai állásfoglalás és javaslatok a Csillaghegyi öblözet árvízmentesítésének ügyében. OVF Vízügyi Tudományos Tanács, 2014. június 10. 1-16. o.
- [85] Dr. Tóth László, Dr. Becker László, Dr. Nagy László at al: Mobilgátak: igen vagy nem? Magyar Építéstechnika, 2015. július 15. URL: <http://www.magyarepitestechnika.hu/index.php/2015-6/2678-mobilgatak-igen-vagy-nem>, Letöltés ideje: 2017.10.28.
- [86] 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet a vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó általános szabályokról.
- [87] 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról.
- [88] Megújult a szegedi belvárosi árvízvédelmi rendszer. Vízpart, XXIII. évfolyam 2. szám, 2015. június. Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, 1-12. o.
- [89] MEANDER modell előrejelzés. Országos Meteorológiai Szolgálat, URL: <http://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/modellek/MEANDER/> Letöltés ideje: 2017.10.28.
- [90] Az OMSZ veszélyjelző rendszere. Országos Meteorológiai Szolgálat, URL: [http://www.met.hu/idojaras/veszelyjelzes/omsz\\_veszelyjelzo\\_rendszer/](http://www.met.hu/idojaras/veszelyjelzes/omsz_veszelyjelzo_rendszer/) Letöltés ideje: 2017.10.28.
- [91] J. Thielen, J. Bartholmes, M.-H. Ramos, at al: The European Flood Alert System. Part 1: Concept and development, Hydrology and Earth System Sciences, 13, 2009. 125-140. o. URL: <http://hydrol-earth-syst-sci.net/13/125/2009/hess-13-125-2009.pdf> Letöltés ideje: 2016.03.10.
- [92] Tomonobu Sugiura: River information management and flood forecasting in Japan. International Centre for Water Hazard and Risk Management, URL: [http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/english/pdf/conf\\_04.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/english/pdf/conf_04.pdf) Letöltés ideje: 2016.03.10.
- [93] Toronto and Region Flood Contingency Plan. Toronto and Region Conservation Authority, January, 2016. URL: <http://www.trca.on.ca/trca-user-uploads/2016TRCAFloodContingencyPlan.pdf> Letöltés ideje: 2016.03.10.

- [94] Zhang Jianlei: Concept of Multi-hazard Early Warning in China and Overview of Shanghai. MHEWS, Department of Emergency response, Disaster mitigation and Public service, June 9th, 2014. URL: [http://typhooncommittee.org/SSOP/Training/DAY%201%20PDF/6\\_Day1.Zhang.pdf](http://typhooncommittee.org/SSOP/Training/DAY%201%20PDF/6_Day1.Zhang.pdf) Letöltés ideje: 2016.03.12.
- [95] Flood warning and decision support system for the Dijle basin. International Marine & Dredging Consultants, Antwerpen, Belgium, 2011. URL: <http://www.imdc.be/projects/flood-warning-and-decision-support-system-dijle-basin> Letöltés ideje: 2016.03.12.
- [96] Bert Van Den Zegel, Evert Vermuyten, Vincent Wolfs, Patrick Willems: Real-time control of floods along the Demer river, Belgium, by means of MPC in combination with GA and a fast conceptual river model. International Conference on Hidroinformatics, City University of New York, August 1th, 2014. 1-9. o. URL: [http://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1124&context=cc\\_conf\\_hic](http://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1124&context=cc_conf_hic) Letöltés ideje: 2016.03.14.
- [97] Távközlés, internet. 2015 IV. negyedév, Statisztikai Tükör, 2016. március 11. Központi Statisztikai Hivatal, URL: <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/tav/tav1512.pdf> Letöltés ideje: 2016.03.02.
- [98] Reducing vulnerability of buildings to flood damage. Guidance On Building In Flood Prone Areas, Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, Parramatta, June 2006. ISBN 0 7347 5614 3, 1-144. o. URL: [http://www.ses.nsw.gov.au/content/documents/pdf/resources/Building\\_Guidelines.pdf](http://www.ses.nsw.gov.au/content/documents/pdf/resources/Building_Guidelines.pdf) Letöltés ideje: 2016.03.21.
- [99] Ilan Kelman, Robin Spence: An overview of flood actions on buildings, Engineering Geology, Volume 73, Issues 3–4, June 2004. 297–309. o.
- [100] Pam Bowker, Manuela Escarameia, Andrew Tagg: Improving the Flood Performance of New Buildings. Flood resilient construction, Communities and Local Government, Environment Agency, London, May 2007. ISBN 978 1 85946 287 4, 1-90. o.
- [101] K. Kreibich, A. H. Thielen, Th. Petrow, M. Müller, B. Berz: Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures – lessons learned from the Elbe flood in August 2002. Natural Hazards and Earth System Sciences, Issue 5, 25th January 2005. 117-126. o.
- [102] Dr. Thomas Egli: Non Structural Flood Plain Management, Measures and their Effectiveness. International Commission for the Protection of the Rhin, Koblenz, 2002. ISBN 3-935324-47-2, 1-49. o. URL: [http://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_en/rz\\_iksr\\_engl.pdf](http://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/Dokumente_en/rz_iksr_engl.pdf) Letöltés ideje: 2016.02.02.

- [103] Termékismertető, Twistfix, URL: <https://www.twistfix.co.uk/images/pictures/products/inflated-hydrosack.jpg?v=c3a5f98c> Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [104] Termékismertető: Hydrosack, Gravitass International Ltd. <http://gravitasint.com/wp-content/uploads/2012/04/hydrosack.pdf> Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [105] Van den Noort Innovations. URL: <http://www.noort-innovations.nl/SCFB.html>, Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [106] Termékismertető: Self Closing Flood Barrier SCFB. Van Der Noort Innvations, Research and development civil engineering, URL: <http://www.noort-innovations.nl/SCFB.html> Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [107] Termékismertető: Flood barriers. CSI flood products, URL: <http://www.flood-products.co.uk/flood-barriers-c-2058.html>, Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [108] Termékismertető: Flooding solutions, URL: <http://www.floodingsolutions.com.au/floods-images/floodstop-01.jpg> Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [109] Termékismertető: Protecting doorways, Floodgate. Carmarthen, Wales <http://www.floodgate.ltd.uk/contact.html> Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [110] Termékismertető: Floodgate. URL: <http://www.floodgate.ltd.uk/floodgate.html>, Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [111] The UK Flood Defence Alliance. URL: <https://www.ukflooddefencealliance.com/wp-content/uploads/2015/03/How-the-SMART-Airbrick-works.png> Letöltés ideje: 2016.02.04.
- [112] Dienes György: Esővíz hasznosító rendszerek jelentősége, kialakítása, méretezése, szivattyúk, kompresszorok. vákuum szivattyúk, XI. évfolyam, InfoProd, 2004. Budapest, 1-8. o. URL: <http://www.hydroking.hu/wp-content/uploads/dienes-gyorgy-esovizcikkinfoprod-2004.pdf> Letöltés ideje: 2016.03.04.
- [113] K. Kreibich, A. H. Thielen, Th. Petrow at al: Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures – lessons learned from the Elbe flood in August 2002. Natural Hazards and Earth System Sciences, Issue 5, 25th January 2005. 117-126. o.
- [114] 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.
- [115] Budapest III. kerület, Római part ideiglenes árvízvédelmi mű tervezése, szakértői szintű döntés-előkészítő tanulmány. ERBO-PLAN Mérnöki Szolgáltató Kft., 2012, 1-82. o., URL:



[www.infosab.budapest.hu:8080/GetTirFile.aspx?id=107689](http://www.infosab.budapest.hu:8080/GetTirFile.aspx?id=107689) Letöltés ideje: 2014.06.27.

- [116] Antal Örs: Mobil árvízvédelmi falak létesítésének és alkalmazásának környezetre gyakorolt káros hatásai, a megelőzés és enyhítés műszaki lehetőségei. XI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia tanulmánykötet, Szentágotthai János Szakkollégium, Pécs, 2015. május 6-9. ISBN 978-963-642-873-0, 3-16. o.
- [117] Mahler András, Nagy László: Szakértői vélemény a Budapest, III., Római-parti árvízvédelmi mű döntés előkészítő tanulmányáról. Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest, 2013. március 31. 1-19. o.
- [118] Mahler András: Kutatási Jelentés a Budapest, III. Római parton tervezett mobil árvízvédelmi fal környezetében kialakuló szivárgási viszonyokról. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 2012. december. 1-20. o.
- [119] Jelentés Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről (1384/2014. (VII. 17.) Korm. határozattal elfogadott). Magyarország Kormánya, 2014.
- [120] Ár-és belvíz, valamint villámárvíz kockázat értékelése hazánkban (részlet a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság által készített Nemzeti Katasztrófa Kockázat Értékelésből (2011). Védelem Tudomány online, 1-12. o. URL: <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/412-ar-es-belviz-valamint-villamarviz-kockazat-ertekelese-hazankban.pdf> Letöltés ideje: 2014.07.07.
- [121] C.G. Collier: Flash flood forecasting: What are the limits of predictability? Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2007. 3-23. o. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.29/pdf> Letöltés ideje: 2014.09.07.
- [122] Szélsőséges időjárási jelenségek Európában és hatásuk a nemzeti, valamint az uniós alkalmazkodási stratégiákra. Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (EASAC) szakpolitikai jelentése, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 2014. ISBN 978-963-508-708-2
- [123] Horváth Ákos: A légköri konvekció és a budapesti vihar. Természettudományi Közlöny 138. évf. 5. füzet, 2007. május. 206-209. o.
- [124] Viharos este jöhet. Időkép, élő időjárás, 2014.07.10. URL: <https://www.idokep.hu/percrol-percre/Viharos%20este%20j%C3%B6het>, Letöltés ideje: 2017.10.28.
- [125] Vihar - 230 riasztás a tűzoltóknak, nagy mennyiségű eső. Kisalföld, 2015.06.09. URL: [http://www.kisalfold.hu/idojaras/vihar\\_-\\_230\\_riasztas\\_a\\_tuzoltoknak\\_nagy\\_mennyisegu\\_eso/2433168/](http://www.kisalfold.hu/idojaras/vihar_-_230_riasztas_a_tuzoltoknak_nagy_mennyisegu_eso/2433168/) Letöltés ideje: 2015.09.16.
- [126] Több százmillióra becsülik a hétfői özönvíz okozta károkat. 2015.08.18. URL: <http://hirtv.hu/hirtvarchiv/tobb-szazmilliosra-becsulik-a-hetfoi-ozonviz-okozta-karokat-1300511> Letöltés ideje: 2015.09.16.

- [127] Horváth Ákos: 2015. augusztus 17-i villámárvizeket okozó időjárás elemzése. Tanulmányok, Országos Meteorológiai Szolgálat, 2015.08.25. URL: [http://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek\\_tanulmanyok/index.php?id=1382](http://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1382) Letöltés ideje: 2015.09.16.
- [128] Özönvíz zúdult Budapestre. Időkép, 2017.05.23. URL: <https://www.idokep.hu/hirek/felhoszakadas-jegeso-kiseri-a-zivatarokat> Letöltés ideje: 2017.08.16.
- [129] Metnet.hu időjárás adatbázis, napi csapadék adatok. URL: <http://www.metnet.hu/?m=napi-adatok&sub=1&oder=1> Letöltés ideje: 2017.08.16.
- [130] Bodrogi Attila: A közel Kecskemét méretű keleti-franciaországi Nancy városát hömpölygő víz árasztotta el ma virradóra. 2012.05.22. URL: <https://www.idokep.hu/hirek/86-mm-harom-ora-alatt> Letöltés ideje: 2015.08.10.
- [131] Berceli Balázs, Szente-Varga Bálint Özönvíz zúdult Szicíliaira. Időkép, 2015.10.10. URL: <https://www.idokep.hu/hirek/ozonviz-zudult-sziciliara> Letöltés ideje: 2016.03.10.
- [132] Flash floods sweep vehicles along Spanish street. BBC News, 2015.09.08. URL: <http://www.bbc.com/news/world-europe-34190242> Letöltés ideje: 2016.03.10.
- [133] Europe floods: Seine could peak at 6.5 metres as Louvre closes doors. The Guardian, Friday 3 June, 2016. URL: <https://www.theguardian.com/world/2016/jun/02/deaths-as-flash-floods-hit-france-germany-and-austria> Letöltés ideje: 2016.03.10.
- [134] Gayer József: A települési csapadékvíz-elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 2004. 1-119. o.
- [135] Balogh Edina: Árapasztó tározók működésének kockázatalapú elemzése. Phd értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar, 2012. 1-98. o.
- [136] 1084/2016. (II. 29.) Korm. határozat a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program éves fejlesztési keretének megállapításáról.
- [137] Szunyog Zoltán, Zalányi Terézia: A települések helyi vízkár-elhárítási feladatai, útmutató. Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 1998. 3. átdolgozott kiadás, 1-103. o.
- [138] Budapest 2030, Hosszú távú városfejlesztési koncepció. Budapest Főváros Önkormányzata, 2013. április. ISBN 978-963-12-0965-5
- [139] Közműnyilvántartás. 3. előadás: vízelvezetés-csatornázás, segédlet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1-4. o.
- [140] David Butler, John W. Davies: Urban drainage. Third edition, Spon press, 2011. ISBN: 0-20384905-1, 1-632. o.

- [141] J. C. Ackers, J. M. Bartlett: Flood storage works. Fluvial Design Guide – Chapter 10, 1-28. o. URL: [http://evidence.environment-agency.gov.uk/FCERM/Libraries/Fluvial Documents/Fluvial Design Guide - Chapter 10.sflb.ashx](http://evidence.environment-agency.gov.uk/FCERM/Libraries/Fluvial_Documents/Fluvial_Design_Guide_-_Chapter_10.sflb.ashx) Letöltés ideje: 2016.06.05.
- [142] Szlávik Lajos: Vízügyi műszaki gazdasági tájékoztató. Árvízvédelmi szükségtározók tervezése, építése és üzemeltetése. Vízügyi Dokumentációs Továbbképző Intézet, Budapest, 1980. ISBN: 0324-2501
- [143] Sali Emil: Csatornázás. Tervezési segédlet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műegyetemi Kiadó, harmadik utánnomás, 2002. 1-401. o.
- [144] Tárolóban lévő esővíz minősége. Vízőnellátó, Ország József munkáin alapuló ismeretterjesztő on-line kiadvány, URL: <http://www.eautarcie.org/hu/03b.html#un> Letöltés ideje: 2016.06.06.
- [145] Keith Micallef: Relief from flooding by end of the month. Times of Malta, 2014.09.03. URL: <http://www.timesofmalta.com/articles/view/20140903/local/Relief-from-flooding-by-end-of-the-month.534164> Letöltés ideje: 2015.09.30.
- [146] Ed Hill: Malta's Flood Tunnel Project. Floodlist. 2014.02.07. URL: <http://floodlist.com/europe/malta-flood-tunnel> Letöltés ideje: 2015.09.30.
- [147] Tai Hang Tung Storage Scheme, Drainage Service Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, URL: <http://www.dsd.gov.hk/EN/HTML/395.html> Letöltés ideje: 2015.09.30.
- [148] Dr. Nagy László: Japán árvízvédelme. Alagutak a metropolisban, Vízgazdálkodás, 6. szám, 2007. december. 40-41. o.
- [149] G-Cans Project Kasukabe, Saitama, Greater Tokyo Area, Japan. Water-technology, URL: <http://www.water-technology.net/projects/g-cans-project-tokyo-japan/> Letöltés ideje: 2015.09.30.
- [150] Stormwater Management and Road Tunnel (SMART), URL: <http://smarttunnel.com.my/> Letöltés ideje: 2015.11.05.
- [151] Nagy Gábor, Kádár István, Bán Zoltán: Malajzia „okos” alagútja: a SMART. Műszaki Ellenőr, IV. évfolyam, 11. szám, 2015. 43-46. o.
- [152] Hartai Éva: Geológia. Szerkezeti földtan és tektonika, Digitális Egyetem, 2011. URL: <http://meip.x5.hu/files/1512> Letöltés ideje: 2014.12.20.
- [153] Stanford University: Do Old Glaciers Cause New Earthquakes In New Madrid, Missouri? ScienceDaily, 26 March 2001. URL: <http://www.sciencedaily.com/releases/2001/03/010309080443.htm> Letöltés ideje: 2014.12.22.
- [154] Robin Lloyd: Source of Major Quakes Discovered Beneath U.S. Heartland. Livescience, January 10, 2008. URL: <http://www.livescience.com/4438-source-major-quakes-discovered-beneath-heartland.html> Letöltés ideje: 2014.12.22.

- [155] New Madrid Seismic Zone Tectonic History. Brianna Muhlenkamp, University of Arizona, URL: <http://www.geo.arizona.edu/geo5xx/geos577/projects/muhlenkamp/tectonics.htm> Letöltés ideje: 2014.12.22.
- [156] Varga Péter: Törekvések a földrengéskárok enyhítésére, szeizmológiai riasztórendszerek. Természet Világa, 144. évfolyam, 1. szám, 2013. január. URL: <http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2013/tv1301/varga.html> Letöltés ideje: 2015.01.02.
- [157] Dr. Hornyacsek Júlia: Földrengés! Fel vagyunk készülve? A lakosság földrengés során való védelmére való felkészülés hazánkban a kárterület és a mentési rendszer tükrében, Hadmérnök, VI. évfolyam 1. szám, 2011. március. 276-295. o.
- [158] Antal Örs, Muhoray Árpád: A földrengés-katasztrófák által okozott szerkezeti omlásokkal kapcsolatos kutatás-mentési feladatok alkalmazott módszerei. Műszaki Katonai Közlöny, XXIV. évfolyam, 2014, 1. szám, 44-59. o.
- [159] Gnádig András, Zavilla Tibor, Kegyes Csaba: Falazott Szerkezetek viselkedése földrengésre. Tapasztalatok, gondolatok és kitekintés az Eurocode 6-ra, Magyarország földrengésbiztonsága c. tudományos konferencia, konferenciakötet, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2002. 1-20. o.
- [160] Győri Erzsébet, Tóth László, Katona Tamás: A felszíne laza rétegsor hatása a földrengések által okozott gyorsulásokra. Széchenyi István Egyetem, 1-18. o. URL: [www.sze.hu/ed/GyoriTothKatona.doc](http://www.sze.hu/ed/GyoriTothKatona.doc) Letöltés ideje: 2014.12.23.
- [161] Földrengések hatása a talajviszonyokra. HUN-RENG Magyarország Földrengési Információs Rendszere, URL: [http://www.foldrenges.hu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21:foeldrengesek-hatasa-a-talajviszonyokra&catid=19&Itemid=23](http://www.foldrenges.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=21:foeldrengesek-hatasa-a-talajviszonyokra&catid=19&Itemid=23) Letöltés ideje: 2014.12.23.
- [162] Mónus Péter, Tóth László, Gribovszki Katalin: A földrengéskockázat fogalma és meghatározási módszerei. HUN-RENG Magyarország Földrengési Információs Rendszere, 1-7. o. URL: [www.sze.hu/ed/MonusTothGribovszki.doc](http://www.sze.hu/ed/MonusTothGribovszki.doc) Letöltés ideje: 2014.10.13.
- [163] Siposné dr. Kecskeméthy Klára: A nagy Kantó Földrengés. Műszaki Katonai Közlöny XXVI. évfolyam, 2016. 1. szám, ISSN 2063-4986, 44-59. o.
- [164] D.D. Given, E. S. Cochran, T. Heaton, at al: Technical Implementation Plan for the ShakeAlert Production System - An Earthquake Early Warning System for the West Coast of the United States. USGS, ISSN 2331-1258, Reston, Virginia, 2014, 1-25. o. URL: <http://pubs.usgs.gov/of/2014/1097/pdf/ofr2014-1097.pdf> Letöltés ideje: 2015.01.05.
- [165] Yih-Min Wu, Hiroo Kanamori: Development of an Earthquake Early Warning System Using Real-Time Strong Motion Signals. Sensores, Volume 8, Issue 1, 1-9. o.

- [166] Masumi Yamada, Jim Mori: Using  $\tau_c$  to estimate magnitude for earthquake early warning and effects of near-field terms. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Volume 114, Issue B5, May 2009. 1-9. o. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1029/2008JB006080/> Letöltés ideje: 2015.01.03.
- [167] M. Hooshiba, O.Kamigaichi, M. Saito at al: Earthquake Early Warning Starts Nationwide in Japan. *EOS, Transaction American Geophysical Union*, Volume 89, 19 February 2008. 73-80. o.
- [168] Erik L. Olson And Richard M. Allen: The deterministic nature of earthquake rupture. *Nature*, Volume 438, Session 10, 10 November 2005. 212-215. o.
- [169] Paul Rydelek and Shigeki Horiuch: Earth scienceIs earthquake rupture deterministic? (Reply), *Nature*, Volume 442, Issue 7100, 19 July 2006. 5-6. o.
- [170] Nai-Chi Hsiao, Yih-Min Wu, Tzay-Chyn Shin at al: Development of earthquake early warning system in Taiwan. *Geophysical Research Letters*, Volume 36, 2009 January. 1-5. o.
- [171] Constantin Ionescu, Maren Böse, Friedemann Wenzel at al: An Early Warning System for Deep Vrancea (Romania) Earthquakes. *Earthquake Early Warning Systems*, Springer, ISBN: 13978-3-540-72240-3, Berlin, Heidelberg, 2007. 343-349. o.
- [172] J. M. Espinosa-Aranda, A. Cuéllar, G. Ibarrola: The seismic alert system of Mexico (SASMEX) and their alert signal broadcast results. 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal, 2012. 1-9. o.
- [173] Michel Bouchon, Hayrullah Karabulut, Mustafa Aktara t al: Extended Nucleation of the 1999 Mw 7.6 Izmit Earthquake, *Science*, Vol. 331 no. 6019, 18 February 2011. 877-880. o.
- [174] Ferencz Csaba: SAS-szem a katasztrófaészlelésben. Magyar Űr kutatási Iroda, URL: <http://www.hso.hu/page.php?page=148> Letöltés ideje: 2015.01.05.
- [175] James Dacey: Radon detector for earthquake prediction. *Physics World*, March 18th, 2010. URL: <http://physicsworld.com/cws/article/news/42015> Letöltés ideje: 2015.01.05.
- [176] Stuart Fox: Did a Technician Accurately Forecast the L'Aquila Earthquake-Or Was It a Lucky Guess? *Scientific American*, April 7th, 2009. URL: <http://www.scientificamerican.com/article/radon-earthquake-prediction/> Letöltés ideje: 2015.01.05.
- [177] Országos Sugárzásfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER) Gödöllői mérőállomásának adatai. URL: <http://omosjer.reak.bme.hu/> Letöltés ideje: 2015.01.05.
- [178] G. Guangmeng and Y. Jie: Three attempts of earthquake prediction with satellite cloud images. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Volume 13, January 2013. 91-95. o. URL: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/13/91/2013/nhess-13-91-2013.pdf> Letöltés ideje: 2015.01.05.

- [179] Antal Örs: Az állati tényező a katasztrófavédelmi előrejelzésben. Hadmérnök, VII. Évfolyam 1. szám, 2012. március. 67-77. o.
- [180] Antal Örs: A földrengésálló építészet korszerű lehetőségei. Hadmérnök, VIII. évfolyam 1. szám - 2013. március. 305-318. o.
- [181] Dr. Emrah Erduran and Dr. Conrad Lindholm: Historical Development of Earthquake Resistant Design. NORSAR, 2011. URL: <http://www.norsar.no/norsar/about-us/News/2011/Historical-Development-of-Earthquake-Resistant-Design> Letöltés ideje: 2014.12.26.
- [182] Dr. Dulácska Endre: Tájékoztató az építmények földrengés elleni tervezéséhez. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft, Budapest, 2012, 1-21. o.
- [183] 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről.
- [184] Dalmy Dénes levele: Földrengésre való méretezés az EC8 szerint. Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozat hivatalos állásfoglalása, 2009.03.15. URL: <http://www.tartoszerkezeti-tagozat.hu/node/26> Letöltés ideje: 2015.01.12.
- [185] Barabás Béla, Csákány Anikó: Matematikai háttér az EC8 Eurocode-hoz. BME Matematikai Intézet Stochasztikai Tanszék, 2012.09.22. 1-22. o.
- [186] Global Earthquake Model – Earthquake Consequences Database, event: L'Aquila Italy 2009. URL: <http://gemecd.org/event/4> Letöltés ideje: 2015.01.12.
- [187] Silvia Aloisi: Italy quake exposes poor building standards. Reuters archive, Rome, 07 April 2009. URL: <http://web.archive.org/web/20090416073042/http://www.alertnet.org/thenews/newsdesk/L7932819.htm> Letöltés ideje: 2015.01.15.
- [188] Kit Miyamoto, Ilbe Salvaterra, Peter Yanev: L'Aquila 2009, Earthquake field investigation report. Global Risk Myamoto, April 6 2009. 1-32. o.
- [189] Stefano Grimaz, Alberto Maiolo: The impact of the 6th April 2009 L'Aquila earthquake (Italy) on the industrial facilities and life lines. Considerations in terms of NaTech risk, 1-6. o. URL: <http://www.aidic.it/CISAP4/webpapers/65Grimaz.pdf> Letöltés ideje: 2017.01.16.
- [190] M. Murru, M. Taroni, A. Akinick at al: What is the impact of the August 24, 2016 Amatrice earthquake on the seismic hazard assessment in cen-tral Italy. Annals of Geophysics, 59, Fast Track 5, 2016. 1-9. o. URL: <http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/7209> Letöltés ideje: 2017.02.15.
- [191] Global Earthquake Model - Earthquake Consequences Database, event: Roermond Netherlands 1992. URL: <http://gemecd.org/event/7> Letöltés ideje: 2016.08.20.
- [192] P.M. Maurenbrecher, G. de Vries: Assessing Damage For Herkenbosch, The Netherlands, Due To The Roermond Earthquake Of April 13, 1992. University of Technology, Netherlands, Transactions on Built Environment vol. 14., Wit Press, 1995, 397-404. o.

- [193] Global Earthquake Model – Earthquake Consequences Database, event: Vrancea area 1990. URL: <http://gemecd.org/event/171> Letöltés ideje: 2016.08.20.
- [194] Antonios Pomonis, Dr. Andrew W. Coburn, Dr. Steve Ledbetter: The Vrancea, Romania earthquakes of 30-20 May 1990. Field report by EEFIT, Earthquake Engineering Field investigation Team, London, November 1990, 1-62. o. URL: <https://www.istructe.org/downloads/resources-centre/technical-topic-area/eefit/eefit-reports/vrancea-romania.pdf> Letöltés ideje: 2016.08.20.
- [195] Interactive map of all buildings in The Netherlands. Bert Spaan Waag Society, URL: <http://code.waag.org/buildings> Letöltés ideje: 2016.08.20.
- [196] Lakásviszonyok, 2011. évi népszámlálás, Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2014. ISBN 978-963-235-467-5, 1-251. o. URL: [http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/nepsz2011/nepsz\\_12\\_2011.pdf](http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/nepsz2011/nepsz_12_2011.pdf) Letöltés ideje: 2016.08.22.
- [197] Otthontérkép – ingatlantérkép, keresés átlagéletkor szerint, URL: <http://otthonterkep.hu/ingatlanterkep> Letöltés ideje: 2016.08.22.
- [198] Völgyesi Lajos, Tóth László, Győri Erzsébet, Mónos Péter: Budapest idősebb belvárosi épületeinek földrengés-biztonsága. Építés-Építésztudomány, 42. kötet 1-2. szám, Akadémiai Kiadó, 2014. 1-22. o.
- [199] Csák Béla, Kegyes-Brassai Orsolya: Képlékeny csuklók alkalmazása szeizmikus hatásra igénybevett vasbeton vázszerkezetek csomóponti kapcsolataiban. 1-16. o. URL: [www.sze.hu/ed/CsakKegyes.doc](http://www.sze.hu/ed/CsakKegyes.doc) Letöltés ideje: 2016.08.20.
- [200] Unreinforced Masonry Buildings and Earthquakes, U.S. Department of Homeland Security, Developing Successful Risk Reduction Programs. FEMA P-774 / October 2009. 1-47. o. URL: <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1728-25045-2959/femap774.pdf> Letöltés ideje: 2016.08.23.
- [201] Nagy Tamás Bajnok: Falazott szerkezetű lakóház vizsgálata „pushover” módszerrel. TDK dolgozat, BME Építészmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék, 1-46. o.
- [202] A. Miltiadu-Fezans: Mastering the Mechanics of the Past. A discussion about Preserving Engineering, Seismic Retrofitting, Conservation Perspectives, The GCI Newsletter, Vol. 3, Nr. 1. Spring 2015. 1-30. o. URL: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/newsletters/30\\_1/](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/30_1/) Letöltés ideje: 2016.08.24.
- [203] M. ElGawady, P. Lestuzzi, M. Badoux: A review of conventional seismic retrofitting techniques for URM. 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, July 4-7, 2004. 1-10. o. URL: <http://www.hms.civil.uminho.pt/ibmac/2004/089.pdf> Letöltés ideje: 2016.08.24.
- [204] Jason M. Ingham, Michael C. Griffith: The performance of Unreinforced Masonry Buildings in the 2010/2011 Canterbury Earthquake Swarm. Section 4: Techniques for seismic improvement of unreinforced masonry buildings, Report to the Royal Commission of Inquiry, August, 2011. 1-139. o. URL:

[http://canterbury.royalcommission.govt.nz/documents-by-key/20110920.46/\\$file/ENG.ACA.0001F.pdf](http://canterbury.royalcommission.govt.nz/documents-by-key/20110920.46/$file/ENG.ACA.0001F.pdf) Letöltés ideje: 2016.08.25.

- [205] Dmytro Dizhur, Najif Ismail, Charlotte Knox at al: Performance of unreinforced and retrofitted masonry buildings during the 2010 Darfield earthquake, Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering 43 (4), December 2010. 321-339. o., URL: [https://www.researchgate.net/publication/265246318\\_Performance\\_of\\_unreinforced\\_and\\_retrofitted\\_Masonry\\_buildings\\_during\\_the\\_2010\\_Darfield\\_earthquake](https://www.researchgate.net/publication/265246318_Performance_of_unreinforced_and_retrofitted_Masonry_buildings_during_the_2010_Darfield_earthquake) Letöltés ideje: 2016.08.25.
- [206] Proto II Wall Systems. URL: <http://www.protoii.com/faq.html> Letöltés ideje: 2016.08.25.
- [207] A Mahmizadeh, J. Borzouie: Perforating the Masonry walls in rehabilitation of masonry buildings using center core method. 6th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, Tehran, Iran, 2011. 1-7. o.
- [208] Jitendra Bothara, Svetlana Brzev: Tutorial: Improving the Seismic Performance of Stone Masonry Buildings EERI, First Edition, July 2011. 1-78. o. URL: [http://www.ewb-usa.org/files/Improving\\_the\\_Seismic\\_Performance\\_of\\_Stone\\_Masonry\\_Buildings.pdf](http://www.ewb-usa.org/files/Improving_the_Seismic_Performance_of_Stone_Masonry_Buildings.pdf) Letöltés ideje: 2016.09.30.
- [209] Rebuilding Schools after the Wenchuan Earthquake: China Visits OECD, Italy and Turkey. OECD, CELE Exchange 2009/7. ISSN 2072-7925, 1-8. o. URL: <https://www.oecd.org/china/43079010.pdf> Letöltés ideje: 2016.09.30.
- [210] Subhamoy Bhattacharya, Sanket Nayak, Sekhar Chandra Dutta: A Critical Review of Retrofitting Methods for Unreinforced Masonry Structures. International Journal of Disaster Risk Reduction, January 2013. 51-67. o. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420913000666> Letöltés ideje: 2016.09.30.
- [211] Dr. Hornyacsek Júlia: A tömegkatasztrófák pszichés hatása a beavatkozó állományra az alapvető korai és késői pszichés jelenségek, valamint a negatív következmények elkerülésének lehetséges módjai. Műszaki Katonai Közlöny, XXII. évfolyam 1. szám, 2012. ISSN 2063-4986, 143-189. o.
- [212] Molnár Zsuzsanna: Asszociációs kapcsolat elemzése, Gazdasági Statisztika, Cramer-féle asszociációs együttható. Gábor Dénes Főiskola ILIAS rendszer, URL: [http://ilias.gdf.hu/data/ilias-ha/lm\\_data/lm\\_9370/3.fejezet/Asszociacios.htm#cra](http://ilias.gdf.hu/data/ilias-ha/lm_data/lm_9370/3.fejezet/Asszociacios.htm#cra) Letöltés ideje: 2015.01.30.
- [213] Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet. URL: <http://mta-taki.hu/hu/keptar/agrotopo> Letöltés ideje: 2015.01.30.



## MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

*1. sz. melléklet:* magyar és külföldi csapadékmérő állomásokon mért adatsorokat bemutató táblázatok

Forrás: Havi körkép. Metnet időjárás adatbázis, URL: <http://www.metnet.hu/?m=napi-adatok&sub=4&pid=8874&date=2015-12>  
Letöltés ideje: 2015. 11.12.

National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS), National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce, URL: <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo#TOP> Letöltés ideje: 2015.11.02.

*2. sz. melléklet:* Magyarországon 2000-2016. évek között mért havi átlagos hőmérséklet értékeket az 1985–1994. évek átlagainak viszonylatában bemutató táblázat

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal, A meteorológiai megfigyelőállomások főbb adatai, URL: [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_met002b.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_met002b.html) Letöltés ideje: 2015.11.12.

*3. sz. melléklet:* dunai és tiszai vízmércéken mért vízállás adatokat bemutató táblázatok

Forrás: Központi Hidrológiai Adattár archívum, Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Nonprofit Kft. URL: <http://www.hydroinfo.hu/vituki/archivum/bp.htm?evszam=1985> Letöltés ideje: 2015.11.21.

*4. sz. melléklet:* A 2000-2016 között hazánk területén észlelt szeizmikus események főbb adatait összesítő táblázat

Forrás: Tóth László, Mónus Péter, Zsíros Tibor at al: Magyarországi Földrengések Évkönyve 1995-2016. GeoRisk Földrengés Mérnöki Iroda Kft., Budapest, 1996-2017. URL: <http://www.georisk.hu/Bulletin/bulletinh.html> Letöltés ideje: 2017.03.30.

*5. sz. melléklet:* Árvízvédelmi létesítmények döntéstámogató módszertani segédlete

*6. sz. melléklet:* A felszín alatti vízkár-elhárítási célú tározók SWOT analízise

*7. sz. melléklet:* A földalatti árvízi tározás nemzetközi gyakorlata

Forrás: Keith Micallef: Relief from flooding by end of the month. Times of Malta, 2014.09.03. URL: <http://www.timesofmalta.com/articles/view/20140903/local/Relief-from-flooding-by-end-of-the-month.534164> Letöltés ideje: 2015.09.30.

Ed Hill: Malta's Flood Tunnel Project. Floodlist. 2014.02.07. URL: <http://floodlist.com/europe/malta-flood-tunnel> Letöltés ideje: 2015.09.30.

Tai Hang Tung Storage Scheme, Drainage Service Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, URL: <http://www.dsd.gov.hk/EN/HTML/395.html> Letöltés ideje: 2015.09.30.

Dr. Nagy László: Japán árvízvédelme. Alagutak a metropolisban, Vízgazdálkodás, 6. szám, 2007. december. 40-41. o.

G-Cans Project Kasukabe, Saitama, Greater Tokyo Area, Japan. Water-technology, URL: <http://www.water-technology.net/projects/g-cans-project-tokyo-japan/> Letöltés ideje: 2015.09.30.

Stormwater Management and Road Tunnel (SMART), URL: <http://smarttunnel.com.my/> Letöltés ideje: 2015.11.05.

*8. sz. melléklet:* Magyarország talajképző közeteit bemutató térképes ábra

Forrás: Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet, URL: <http://mta-taki.hu/hu/keptar/agrotopo> Letöltés ideje: 2015.01.30.

*9. sz. melléklet:* Lakossági kérdőív lakóhelyek katasztrófaveszélyeztettségéről

*10. sz. melléklet:* A katasztrófák elleni megelőzésre irányuló öngondoskodást ösztönző lakossági felkészítések tartalma

## A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

### *Lektorált folyóiratban megjelent cikkek*

- 1.) ANTAL Örs: **A földrengés-katasztrófák károsító hatása és kezelésük tapasztalatai a szecsuáni, l'aquilai és haiti eset tükrében.** Műszaki Katonai Közlöny, XXI. évfolyam, 1-4. szám, 2011. ISSN 1219-4166, 267-288. o.
- 2.) ANTAL Örs: **Az állati tényező a katasztrófavédelmi előrejelzésben.** Hadmérnök, Katonai Műszaki Tudományok on-line, VII. évfolyam, 1. szám, 2012. ISSN 1788-1919, 67-77. o.
- 3.) ANTAL Örs: **A földrengésálló építkezés korszerű lehetőségei.** Hadmérnök, Katonai Műszaki Tudományok on-line, VIII. évfolyam, 1. szám 2013. ISSN 1788-1919, 305-318. o.
- 4.) ANTAL Örs: **Az épületek védelmének korszerű lehetőségei házi készítésű robbanóeszközök ellen.** Műszaki Katonai Közlöny, XXIV. évfolyam, 1. szám, 2014. ISSN 2063-4986, 107-119. o.
- 5.) ANTAL, MUHORAY Árpád: **A földrengés-katasztrófák által okozott szerkezeti omlásokkal kapcsolatos kutatás-mentési feladatok alkalmazott módszerei.** Műszaki Katonai Közlöny, XXIV. évfolyam, 1. szám, 2014. ISSN 2063-4986, 44-59. o.
- 6.) ANTAL Örs: **A budapesti metróhálózat vegyi terrortámadás elleni felkészültségének vizsgálata az 1995-ös tokiói merénylet tükrében.** Hadmérnök, IX. évfolyam 2. szám, 2014. 193-210. o.
- 7.) ANTAL Örs, Dr. RÉVAI Róbert: **Az egészségügy szerepe a katasztrófák megelőzésében.** Bolyai Szemle, XXIII. évfolyam 1. szám, 2014. 60-69. o.
- 8.) ANTAL Örs: **Magyarország árvízi veszélyeztetettsége a befolyásoló tendenciák tükrében.** Bolyai Szemle, XXIV. évfolyam, 1. szám, 2015. 55-69. o.
- 9.) ANTAL Örs, HORNYACSEK Júlia: **Az árvízmentesítés létesítményeinek szerepe az árvízkarok megelőzésében.** Hadtudomány, XXV. évfolyam, elektronikus szám, 2015. ISSN 1588-0605, 249-268. o.

### *Idegen nyelvű kiadványban megjelent cikkek*

- 10.) HORNYACSEK Júlia, ANTAL Örs: **(Specialized) Technical and medical reconnaissance of disaster-affected areas.** Academic and Applied Research in

Public Management Science, Volume 13, Issue 1, 2014. ISSN 1588-8789, 167-182. o.

- 11.) Örs ANTAL: **The protection system of Paks Nuclear Power Plant and international best practices in light of the 2011 Fukushima Daiichi nuclear disaster.** Economics and Management, University of Defence in Brno, 2015/2. ISSN 1802-3975, 6-18. o.
- 12.) Örs ANTAL: **The role of the Government in the field of public protection in the prevention of earthquake disasters.** Academic and Applied Research in Public Management Science, Volume 16, Issue 2, 2017. ISSN 2498-5392
- 13.) Örs ANTAL: **Green Infrastructure solutions for flood prevention – innovative investment opportunities.** Bolyai Szemle, Issue 1, 2018.

***Konferencia kiadványban megjelent tanulmány***

- 14.) ANTAL Örs: **Magyarország földrengés-veszélyeztetettsége, lakosságvédelmi feladatok földrengés esetén.** „Hallgatók a tudomány szolgálatában” Védelmi igazgatás szakos hallgatók 1. tudományos konferenciája, Műszaki Katonai Közlöny, XXI. évfolyam, különszám, 2011. ISSN 1219-4166, 152-171. o.
- 15.) ANTAL Örs: **Földrengésre készülve: San Francisco.** Tudományos fórum a védelmi tanulmányokat folytató hallgatók és a témában oktatók részére, 2013. május 02., Műszaki Katonai Közlöny, XXIII. évf. különszám, 2013. 61-79. o.
- 16.) ANTAL Örs: **Mobil árvízvédelmi falak létesítésének és alkalmazásának környezetre gyakorolt káros hatásai, a megelőzés és enyhítés műszaki lehetőségei.** XI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia Tanulmánykötet, Szentágothai János Szakkolégium, 2015. ISBN: 978-963-642-873-0, 3-16. o.
- 17.) ANTAL Örs: **Magyarország földrengés-veszélyeztetettsége a földrengések előfordulása és tendenciái tükrében.** Haza Szolgálatában Konferencia, 2014. október 31. NKE, Budapest, Társadalom és Honvédelem, XIX. évfolyam, 2015/2. szám, ISSN 1417-7293, 83-95. o.
- 18.) ANTAL Örs: **Hirtelen kialakulású árvizek kártételeinek megelőzése felszín alatti átmeneti tározással.** Magyar Hidrológiai Társaság XXXV. Vándorgyűlése tanulmánykötet, ISBN 978-963-8172-36-5

## MELLÉKLETEK

### 1. sz. melléklet

Magyarországi csapadékmérő állomásokon mért adatok [mm]:

1. Budapest (Pestszentlőrinci csapadékmérő állomás)
2. Debrecen (Debrecen-Józsa csapadékmérő állomás)
3. Szeged (Szőreg csapadékmérő állomás)

|             | Január |    |    | Február |    |    | Március |     |     | Április |    |    | Május |     |     | Június |     |     | Július |     |     | Augusztus |     |     | Szeptember |     |    | Október |    |    | November |    |     | December |     |     |
|-------------|--------|----|----|---------|----|----|---------|-----|-----|---------|----|----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|-----------|-----|-----|------------|-----|----|---------|----|----|----------|----|-----|----------|-----|-----|
| <b>2010</b> | 52     | 43 | 73 | 50      | 61 | 81 | 19      | 28  | 23  | 43      | 83 | 44 | 163   | 129 | 170 | 133    | 103 | 77  | 41     | 88  | 110 | 82        | 114 | 57  | 144        | 105 | 95 | 30      | 25 | 50 | 76       | 62 | 66  | 41       | 122 | 97  |
| <b>2011</b> | 16     | 22 | 13 | 4       | 18 | 20 | 22      | 37  | 45  | 7       | 14 | 2  | 64    | 65  | 94  | 82     | 40  | 28  | 69     | 193 | 72  | 15        | 43  | 2   | 4          | 10  | 34 | 29      | 18 | 33 | 0        | 0  | 0,2 | 61       | 82  | 61  |
| <b>2012</b> | 29     | 26 | 36 | 20      | 28 | 48 | 1       | 3   | 1,8 | 20      | 43 | 47 | 41    | 82  | 59  | 52     | 79  | 42  | 83     | 36  | 44  | 3         | 4   | 5   | 28         | 39  | 29 | 65      | 31 | 82 | 31       | 29 | 42  | 55       | 67  | 48  |
| <b>2013</b> | 51     | 51 | 53 | 76      | 70 | 67 | 113     | 157 | 138 | 29      | 46 | 35 | 67    | 70  | 108 | 36     | 46  | 56  | 2      | 9   | 24  | 54        | 25  | 47  | 31         | 39  | 61 | 23      | 37 | 29 | 51       | 54 | 49  | 3        | 2   | 0,4 |
| <b>2014</b> | 19     | 53 | 40 | 44      | 32 | 35 | 11      | 11  | 29  | 35      | 25 | 60 | 113   | 65  | 143 | 21     | 30  | 75  | 183    | 121 | 195 | 177       | 49  | 81  | 132        | 70  | 96 | 66      | 78 | 76 | 26       | 19 | 18  | 63       | 38  | 61  |
| <b>2015</b> | 74     | 46 | 64 | 31      | 17 | 25 | 16      | 14  | 38  | 6       | 21 | 14 | 67    | 39  | 64  | 27     | 32  | 12  | 76     | 38  | 19  | 94        | 58  | 124 | 84         | 44  | 44 | 103     | 81 | 87 | 22       | 42 | 41  | 2        | 12  | 3   |
| <b>2016</b> | 62     | 68 | 60 | 108     | 96 | 94 | 35      | 38  | 32  | 12      | 13 | 31 | 71    | 56  | 55  | 60     | 161 | 136 | 167    | 81  | 142 | 50        | 99  | 36  | 41         | 61  | 46 | 28      | 88 | 93 | 40       | 54 | 40  | 3        | 4   | 2   |

A budapesti, debreceni és szegedi csapadékmérő állomásokon mért havi összes csapadékmennyiségek 2010 és 2016 között mm-ben

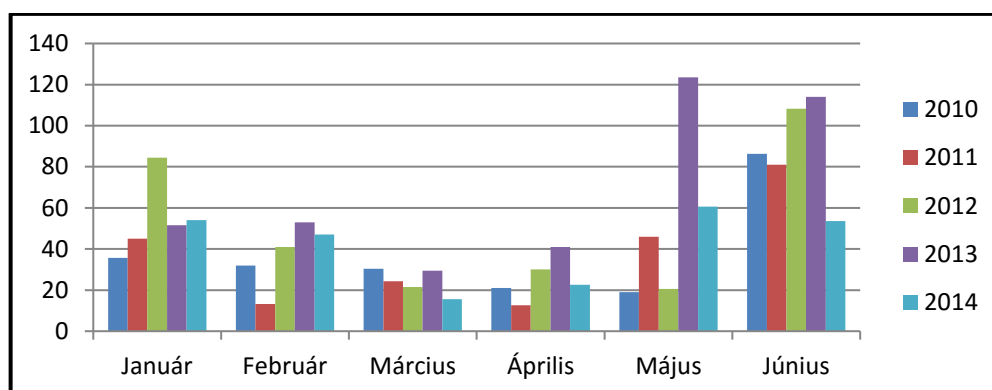
*Forrás: Havi körkép, Metnet időjárás adatbázis [51]*

Németországi csapadékmérő állomásokon mért adatok (mm): [52]

1. Regensburg
2. Ulm
3. Augsburg

|             | Január |    |    | Február |    |    | Március |    |    | Április |    |    | Május |     |     | Június |     |     |
|-------------|--------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| <b>2010</b> | 44     | 39 | 24 | 33      | 36 | 27 | 28      | 38 | 25 | 15      | 27 |    | 19    |     |     | 73     | 93  | 93  |
| <b>2011</b> | 46     | 57 | 32 | 19      | 10 | 11 | 22      | 16 | 35 | 15      |    | 23 | 46    |     | 46  | 131    | 57  | 55  |
| <b>2012</b> | 87     |    | 82 | 82      | 26 | 15 | 9       | 12 |    | 17      | 43 |    | 40    | 10  | 12  | 92     | 128 | 105 |
| <b>2013</b> | 52     |    | 51 | 55      |    | 51 | 27      |    | 32 | 36      |    | 46 | 139   | 115 | 117 | 122    | 67  | 153 |
| <b>2014</b> | 41     | 60 | 61 | 12      | 23 | 12 | 11      |    | 20 | 18      | 25 | 25 | 82    | 40  | 60  | 27     | 74  | 60  |

|             | Január | Február | Március | Április | Május | Június |
|-------------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|
| <b>2010</b> | 35,6   | 32      | 30,3    | 21      | 19    | 86,3   |
| <b>2011</b> | 45     | 13,3    | 24,3    | 12,6    | 46    | 81     |
| <b>2012</b> | 84,5   | 41      | 21,5    | 30      | 20,6  | 108,3  |
| <b>2013</b> | 51,5   | 53      | 29,5    | 41      | 123,6 | 114    |
| <b>2014</b> | 54     | 47      | 15,5    | 22,6    | 60,6  | 53,6   |



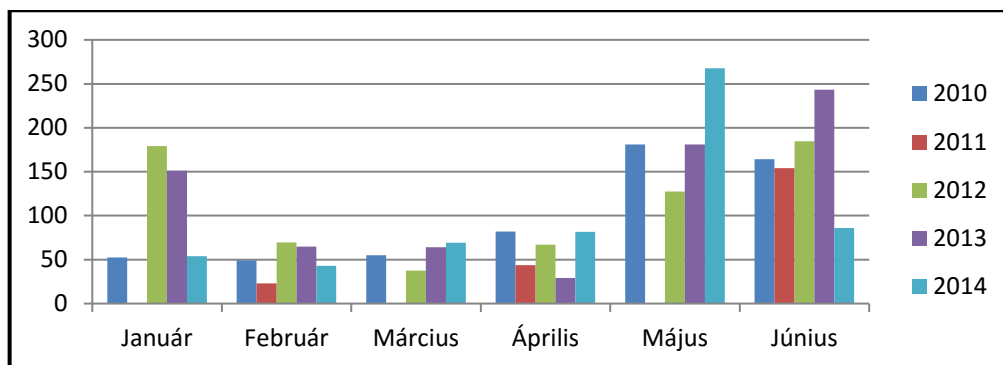
A németországi (Regensburg, Ulm és Augsburg) csapadékmérő állomásokon mért csapadékmennyiségek átlagának változásai 2010 és 2014 között [mm] *Forrás: NOAA NESDIS [52], Készítette: a szerző*

Ausztriai csapadékmérő állomásokon mért adatok:

1. Bécs/Hohe Warte(Wien)
2. Salzburg
3. Feuerkogel

|             | Január |     |     | Február |    |     | Március |    |     | Április |     |    | Május |     |     | Június |     |     |
|-------------|--------|-----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|-----|----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| <b>2010</b> | 56     | 29  | 73  | 20      | 47 | 80  | 18      | 40 | 107 | 91      | 67  | 88 | 169   | 138 | 236 | 120    | 150 | 223 |
| <b>2011</b> |        |     |     | 10      | 20 | 39  |         |    |     | 43      | 34  | 54 |       |     |     | 113    | 168 | 181 |
| <b>2012</b> | 91     | 142 | 305 | 27      | 58 | 124 | 30      | 29 | 54  | 26      | 94  | 81 | 78    | 151 | 153 | 69     | 228 | 257 |
| <b>2013</b> | 105    | 152 | 197 | 56      | 41 | 98  | 40      | 75 | 77  | 14      | 41  | 32 | 130   | 205 | 208 | 145    | 285 | 300 |
| <b>2014</b> | 8      | 66  | 88  | 20      | 46 | 63  | 13      | 86 | 109 | 67      | 101 | 77 | 192   | 277 | 334 | 34     | 95  | 129 |

|             | Január | Február | Március | Április | Május | Június |
|-------------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|
| <b>2010</b> | 52,6   | 49      | 55      | 82      | 181   | 164,3  |
| <b>2011</b> |        | 23      |         | 43,6    |       | 154    |
| <b>2012</b> | 179,3  | 69,6    | 37,6    | 67      | 127,3 | 184,6  |
| <b>2013</b> | 151,3  | 65      | 64      | 29      | 181   | 243,3  |
| <b>2014</b> | 54     | 43      | 69,3    | 81,6    | 267,6 | 86     |



Az ausztriai (Bécs, Salzburg, Feuerkogel) csapadékmérő állomásokon mért csapadékmennyiségek átlagának változásai 2010 és 2014 között [mm]

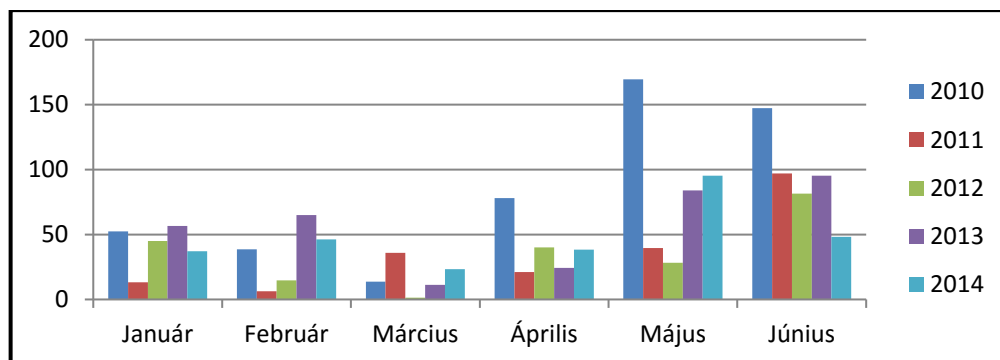
*Forrás: NOAA NESDIS [52], Készítette: a szerző*

Szlovákiai csapadékmérő állomásokon mért adatok:

1. Ógyalla (Hurbanovo)
2. Szilács (Sliac)
3. Poprad (Poprad)

|             | Január |    |    | Február |    |    | Március |    |    | Április |    |    | Május |     |     | Június |     |     |
|-------------|--------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| <b>2010</b> | 46     | 66 | 45 | 38      | 48 | 30 | 20      | 11 | 10 | 87      | 62 | 85 | 200   | 152 | 157 | 122    | 165 | 155 |
| <b>2011</b> | 13     | 21 | 6  | 5       | 11 | 3  | 28      | 53 | 27 | 16      | 25 | 22 | 25    | 30  | 64  | 53     | 149 | 89  |
| <b>2012</b> | 49     | 57 | 29 | 16      | 18 | 10 | 1       | 1  | 2  | 37      | 47 | 36 | 23    | 14  | 48  | 59     | 99  | 87  |
| <b>2013</b> | 76     | 31 | 63 | 61      | 80 | 54 | 13      | 11 | 10 | 23      | 30 | 20 |       | 156 | 96  | 65     | 103 | 118 |
| <b>2014</b> | 33     | 54 | 24 | 46      | 57 | 36 | 16      | 36 | 18 | 20      | 45 | 50 | 73    | 81  | 132 | 28     | 44  | 73  |

|             | Január | Február | Március | Április | Május | Június |
|-------------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|
| <b>2010</b> | 52,3   | 38,6    | 13,6    | 78      | 169,6 | 147,3  |
| <b>2011</b> | 13,3   | 6,3     | 36      | 21      | 39,6  | 97     |
| <b>2012</b> | 45     | 14,6    | 1,3     | 40      | 28,3  | 81,6   |
| <b>2013</b> | 56,6   | 65      | 11,33   | 24,3    | 84    | 95,3   |
| <b>2014</b> | 37     | 46,3    | 23,3    | 38,33   | 95,3  | 48,3   |



A szlovákiai (Ógyalla, Szilács, Poprad) csapadékmérő állomásokon mért csapadékmennyiségek átlagának változásai 2010 és 2014 között [mm]

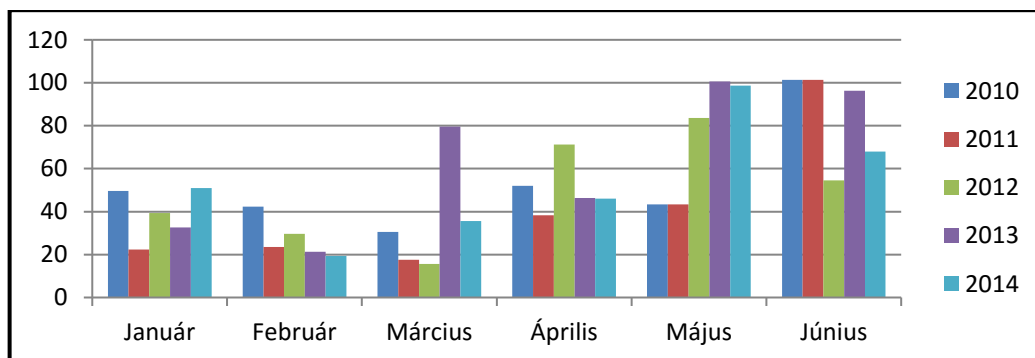
*Forrás: NOAA NESDIS [52], Készítette: a szerző*

Romániai csapadékmérő állomásokon mért adatok:

1. Szucsáva (Suceava)
2. Beszterce (Bistrita)
3. Kolozsvár (Cluj-Napoca)

|             | Január |    |    | Február |    |    | Március |     |    | Április |    |    | Május |     |     | Június |     |     |
|-------------|--------|----|----|---------|----|----|---------|-----|----|---------|----|----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| <b>2010</b> | 31     | 71 | 47 | 35      | 52 | 40 | 29      | 38  | 25 | 32      | 72 | 52 | 153   | 153 | 139 | 237    | 134 | 167 |
| <b>2011</b> | 10     | 32 | 25 | 18      | 29 | 24 | 14      | 17  | 22 | 40      | 32 | 43 | 27    | 34  | 69  | 119    | 106 | 79  |
| <b>2012</b> | 24     | 48 | 46 | 20      | 40 | 29 | 16      | 16  | 15 | 87      | 71 | 56 | 80    | 115 | 86  | 48     | 46  | 70  |
| <b>2013</b> | 20     | 42 | 36 | 21      | 32 | 11 | 47      | 100 | 92 | 25      | 62 | 52 | 99    | 122 | 81  | 92     | 91  | 106 |
| <b>2014</b> | 36     | 71 | 46 | 7       | 31 | 20 | 37      | 32  | 38 | 72      | 35 | 31 | 147   | 71  | 78  | 60     | 57  | 87  |

|             | Január | Február | Március | Április | Május | Június |
|-------------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|
| <b>2010</b> | 49,6   | 42,3    | 30,6    | 52      | 43,3  | 101,3  |
| <b>2011</b> | 22,3   | 23,6    | 17,6    | 38,3    | 43,3  | 101,3  |
| <b>2012</b> | 39,3   | 29,6    | 15,6    | 71,3    | 83,6  | 54,6   |
| <b>2013</b> | 32,6   | 21,3    | 79,6    | 46,3    | 100,6 | 96,3   |
| <b>2014</b> | 51     | 19,3    | 35,6    | 46      | 98,6  | 68     |



A romániai (Szucsáva, Beszterce, Kolozsvár) csapadékmérő állomásokon mért csapadékmennyiségek átlagának változásai 2010 és 2014 között [mm]

*Forrás: NOAA NESDIS [52], Készítette: a szerző*

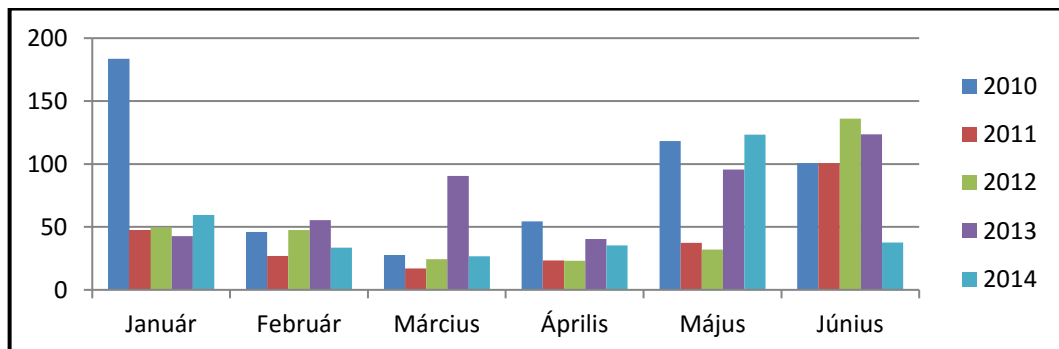


Ukrajnai csapadékmérő állomásokon mért adatok:

1. Volodymyr
2. Ternopil
3. Ungvár (Uzhhorod)

|             | Január |    |    | Február |    |    | Március |    |     | Április |    |    | Május |     |     | Június |     |     |
|-------------|--------|----|----|---------|----|----|---------|----|-----|---------|----|----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| <b>2010</b> | 455    | 31 | 65 | 45      | 26 | 67 | 24      | 27 | 32  | 44      | 41 | 78 | 71    | 116 | 168 | 52     | 121 | 129 |
| <b>2011</b> | 50     | 33 | 59 | 34      | 32 | 15 | 11      | 7  | 33  | 32      | 31 | 7  | 42    | 40  | 30  | 100    | 80  | 43  |
| <b>2012</b> | 53     | 32 | 64 | 44      | 40 | 59 | 31      | 30 | 12  | 55      | 14 | 0  | 30    | 14  | 52  | 175    | 140 | 93  |
| <b>2013</b> | 85     | 14 | 29 | 27      | 50 | 89 | 83      | 87 | 102 | 43      | 31 | 47 | 115   | 104 | 68  | 155    | 162 | 54  |
| <b>2014</b> | 64     | 50 | 65 | 15      | 19 | 67 | 26      | 24 | 30  | 26      | 39 | 41 | 135   | 132 | 103 | 69     | 26  | 18  |

|             | Január | Február | Március | Április | Május | Június |
|-------------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|
| <b>2010</b> | 183,6  | 46      | 27,6    | 54,3    | 118,3 | 100,6  |
| <b>2011</b> | 47,3   | 27      | 17      | 23,3    | 37,3  | 100,6  |
| <b>2012</b> | 49,6   | 47,6    | 24,3    | 23      | 32    | 136    |
| <b>2013</b> | 42,6   | 55,3    | 90,6    | 40,3    | 95,6  | 123,6  |
| <b>2014</b> | 59,6   | 33,6    | 26,6    | 35,3    | 123,3 | 37,6   |



Az ukrajnai (Volodymyr, Ternopil, Ungvár) csapadékmérő állomásokon mért csapadékmennyiségek átlagának változásai 2010 és 2014 között [mm]

*Forrás: NOAA NESDIS [52], Készítette: a szerző*

2. sz. melléklet

Havi átlagos hőmérséklet értékek Magyarországon 15 mérőállomáson mért adatok alapján [°C]: [53]

|                    | Az 1985–1994.<br>évek átlaga | 2000         | 2001         | 2002        | 2003         | 2004         | 2005        | 2006         | 2007         | 2008         | 2009         | 2010        | 2011         | 2012         | 2013         | 2014        | 2015         |
|--------------------|------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>Békéscsaba</b>  | 10,4                         | 12,1         | 10,8         | 11,9        | 10,6         | 10,9         | 10          | 10,9         | 12,3         | 12           | 12,2         | 11,1        | 11           | 11,4         | 11,7         | 12,4        | 12           |
| <b>Budapest</b>    | 10,8                         | 12,7         | 11           | 11,9        | 11,3         | 10,8         | 10,9        | 11,4         | 12,5         | 12           | 11,9         | 11,4        | 11,4         | 13           | 12,4         | 13,3        | 13,2         |
| <b>Debrecen</b>    | 10                           | 11,5         | 10,3         | 11,2        | 10,1         | 10,3         | 9,8         | 10,5         | 11,9         | 11,6         | 11,6         | 10,5        | 10,7         | 11,3         | 11,3         | 12,2        | 11,9         |
| <b>Győr</b>        | 10,4                         | 11,8         | 10,7         | 11,6        | 11           | 10,6         | 10,1        | 10,9         | 11,8         | 11,6         | 11,3         | 10,2        | 10,9         | 11,5         | 11,1         | 11,9        | 11,9         |
| <b>Kecskemét</b>   | 10,5                         | 11,8         | 10,6         | 11,5        | 10,4         | 10,7         | 10,5        | 11,1         | 12,3         | 11,7         | 12           | 10,5        | 11,4         | 11,7         | 11,5         | 12,2        | 11,9         |
| <b>Kékestető</b>   | 5,7                          | 7,3          | 5,6          | 6,9         | 6,2          | 5,6          | 5,5         | 6,2          | 7,1          | 6,7          | 6,7          | 5,5         | 6,7          | 6,7          | 6,4          | 7,4         | 7,4          |
| <b>Keszthely</b>   | 10,6                         |              |              | 11,6        | 10,7         | 10,1         | 9,8         | 10,7         | 11,4         | 11,2         | 10,9         | 10          | 10,8         | 11,4         | 10,8         | 11,8        | 11,4         |
| <b>Miskolc</b>     | 9,4                          | 10,9         | 9,9          | 11          | 10           | 9,7          | 9,6         | 10           | 11,4         | 11,2         | 10,9         | 9,7         | 10,4         | 10,9         | 10,5         | 11,7        | 11,7         |
| <b>Paks</b>        | 10,4                         | 12           | 10,6         | 11,6        | 10,6         | 10,5         | 9,9         | 10,9         | 11,8         | 11,9         | 11,7         | 10,4        | 10,9         | 11,7         | 11,4         | 12,2        | 11,8         |
| <b>Pápa</b>        | 10,4                         | 11,8         |              |             | 10,8         | 10,1         | 9,8         | 10,7         | 11,5         | 11,6         | 11,2         | 10,4        | 11           | 11,4         | 10,9         | 11,9        | 11,5         |
| <b>Pécs</b>        | 10,8                         | 12,3         | 11           | 11,9        | 11,3         | 10,7         | 10,2        | 11,2         | 12,2         | 12           | 11,9         | 10,6        | 11,5         | 12,2         | 11,5         | 12,3        | 12,2         |
| <b>Siófok</b>      | 10,8                         | 12,4         | 11,4         | 12,1        | 11,1         | 10,9         | 10,6        | 11,4         | 12,7         | 12,2         | 12           | 10,9        | 11,6         | 12,4         | 11,9         | 12,7        | 12,4         |
| <b>Szeged</b>      | 10,7                         | 12,4         | 11           | 12          | 10,7         | 10,7         | 10,2        | 11,1         | 12           | 12           | 12,1         | 11,1        | 11,4         | 11,8         | 11,8         | 12,4        | 12,2         |
| <b>Szolnok</b>     | 10,5                         | 12           | 10,7         | 11,9        | 10,8         | 11           | 10,7        | 11,5         | 12,7         | 12,2         | 12,4         | 10,9        | 11,6         | 11,9         | 11,6         | 12,4        | 12,2         |
| <b>Szombathely</b> | 9,7                          | 11,3         | 10,4         | 11,1        | 10,3         | 9,5          | 9,3         | 10,1         | 11,3         | 11,2         | 10,8         | 9,8         | 10,4         | 11,1         | 10,7         | 11,7        | 11,4         |
| <b>Átlag</b>       | <b>10,07</b>                 | <b>11,59</b> | <b>10,31</b> | <b>11,3</b> | <b>10,39</b> | <b>10,14</b> | <b>9,79</b> | <b>10,57</b> | <b>11,66</b> | <b>11,41</b> | <b>11,31</b> | <b>10,2</b> | <b>10,78</b> | <b>11,36</b> | <b>11,03</b> | <b>11,9</b> | <b>11,67</b> |

### 3. sz. melléklet

Vízmércén mért vízállás adatok a Dunán [cm]: A budapesti Vigadó téren elhelyezett vízmérce adatai alapján (nullpont: 94,98 mBf) [7]<sup>11</sup>

|      | átlag | min. | max. | max. időpontja | 1960-1979. max. átlagtól eltérés |
|------|-------|------|------|----------------|----------------------------------|
| 1980 | 318   | 154  | 554  | július 26.     | -44,3                            |
| 1981 | 325   | 176  | 714  | március 17.    | +115,7                           |
| 1982 | 298   | 124  | 590  | január 9.      | -8,3                             |
| 1983 | 261   | 68   | 480  | február 2.     | -118,3                           |
| 1984 | 236   | 108  | 470  | szeptember 27. | -128,3                           |
| 1985 | 272   | 62   | 712  | augusztus 12.  | +113,7                           |
| 1986 | 246   | 80   | 478  | január 23.     | -120,3                           |
| 1987 | 426   | 108  | 608  | december 24.   | +9,7                             |
| 1988 | 300   | 114  | 723  | március 31.    | +124,7                           |
| 1989 | 257   | 94   | 415  | július 15.     | -183,3                           |
| 1990 | 219   | 101  | 540  | július 14.     | -58,3                            |
| 1991 | 219   | 75   | 783  | augusztus 8.   | +184,7                           |
| 1992 | 244   | 69   | 555  | november 27.   | -43,3                            |
| 1993 | 246   | 208  | 520  | július 23.     | -78,3                            |
| 1994 | 260   | 99   | 673  | április 21.    | +74,7                            |
| 1995 | 309   | 110  | 591  | június 30.     | -7,3                             |
| 1996 | 281   | 101  | 608  | október 25.    | +9,7                             |
| 1997 | 263   | 85   | 756  | július 24.     | +157,7                           |
| 1998 | 254   | 112  | 597  | november 14.   | -1,3                             |
| 1999 | 308   | 118  | 631  | március 7.     | +32,7                            |
| 2000 | 305   | 132  | 619  | április 3.     | +20,7                            |
| 2001 | 283   | 131  | 608  | március 27.    | +9,7                             |
| 2002 | 333   | 141  | 848  | augusztus 18.  | +249,7                           |
| 2003 | 197   | 52   | 542  | január 6.      | -56,3                            |
| 2004 | 233   | 65   | 488  | június 7.      | -110,3                           |
| 2005 | 264   | 82   | 635  | március 27.    | +36,7                            |
| 2006 | 276   | 85   | 856  | április 5.     | +257,7                           |
| 2007 | 242   | 83   | 689  | szeptember 11. | +90,7                            |
| 2008 | 238   | 96   | 489  | július 26.     | -109,3                           |
| 2009 | 280   | 85   | 716  | június 29.     | +117,7                           |
| 2010 | 299   | 122  | 827  | június 8.      | +228,7                           |
| 2011 | 208   | 62   | 677  | január 18.     | +78,7                            |

<sup>11</sup> 1980-2006: Vízmérce adatok; 2006-2013: Éves vízállástáblázatok a reggeli mérések alapján; 2014: Jelenlegi éves vízállástáblázatok

|             |     |     |     |            |        |
|-------------|-----|-----|-----|------------|--------|
| <b>2012</b> | 256 | 127 | 515 | június 16. | -83,3  |
| <b>2013</b> | 304 | 115 | 891 | június 10. | +292,7 |
| <b>2014</b> | 228 | 102 | 546 | május 19.  | -52,3  |
| <b>2015</b> | 204 | 61  | 537 | január 14. | -61,3  |
| <b>2016</b> | 242 | 62  | 523 | július 17. | -75,3  |

Vízmércén mért vízállás adatok a Tiszán [cm]: A szolnoki vízmérce alapján (nullpont: 78,78 mBf)

|             | átlag | min. | max. | max. időpontja | 1960-1979. max. átlagtól eltérés |
|-------------|-------|------|------|----------------|----------------------------------|
| <b>1980</b> | 394   | -92  | 873  | augusztus 12.  | 276,3                            |
| <b>1981</b> | 251   | -106 | 885  | március 27.    | 288,3                            |
| <b>1982</b> | 181   | -176 | 776  | január 12.     | 179,3                            |
| <b>1983</b> | 71    | -238 | 702  | április 12.    | 105,3                            |
| <b>1984</b> | 49    | -258 | 616  | július 12.     | 19,3                             |
| <b>1985</b> | 247   | -147 | 777  | május 29.      | 180,3                            |
| <b>1986</b> | 111   | -260 | 708  | április 30.    | 111,3                            |
| <b>1987</b> | 47    | -230 | 757  | április 19.    | 160,3                            |
| <b>1988</b> | 118   | -192 | 773  | április 11.    | 176,3                            |
| <b>1989</b> | 137   | -177 | 770  | május 21.      | 173,3                            |
| <b>1990</b> | 4     | -258 | 358  | november 26.   | -238,7                           |
| <b>1991</b> | 40    | -204 | 644  | május 28.      | 47,3                             |
| <b>1992</b> | 50    | -277 | 658  | április 14.    | 61,3                             |
| <b>1993</b> | 22    | -236 | 664  | december 31.   | 67,3                             |
| <b>1994</b> | 92    | -269 | 685  | április 26.    | 88,3                             |
| <b>1995</b> | 172   | -208 | 705  | május 9.       | 108,3                            |
| <b>1996</b> | 119   | -198 | 750  | január 9.      | 153,3                            |
| <b>1997</b> | 165   | -132 | 610  | május 14.      | 13,3                             |
| <b>1998</b> | 329   | -101 | 897  | november 22.   | 300,3                            |
| <b>1999</b> | 260   | -160 | 974  | március 22.    | 377,3                            |
| <b>2000</b> | 128   | -230 | 1041 | április 18.    | 444,3                            |
| <b>2001</b> | 199   | -122 | 836  | március 29.    | 239,3                            |
| <b>2002</b> | 128   | -225 | 689  | március 16.    | 92,3                             |
| <b>2003</b> | -4    | -279 | 482  | március 19.    | -114,7                           |
| <b>2004</b> | 146   | -222 | 740  | április 21.    | 143,3                            |
| <b>2005</b> | 208   | -156 | 817  | május 14.      | 220,3                            |
| <b>2006</b> | 255   | -182 | 1013 | április 22.    | 416,3                            |
| <b>2007</b> | 98    | -255 | 667  | február 24.    | 70,3                             |
| <b>2008</b> | 147   | -167 | 654  | április 29.    | 57,3                             |
| <b>2009</b> | 54    | -274 | 597  | március 15.    | 0,3                              |

|             |     |      |     |              |        |
|-------------|-----|------|-----|--------------|--------|
| <b>2010</b> | 419 | -23  | 954 | június 15.   | 357,3  |
| <b>2011</b> | 81  | -257 | 831 | január 4.    | 234,3  |
| <b>2012</b> | -61 | -278 | 437 | június 17.   | 159,7  |
| <b>2013</b> | 88  | -276 | 866 | április 22.  | 269,3  |
| <b>2014</b> | 228 | 102  | 546 | május 19.    | -50,7  |
| <b>2015</b> | -40 | -279 | 481 | november 27. | .115,7 |
| <b>2016</b> | 61  | -260 | 720 | március 7.   | 123,3  |

#### 4. sz. melléklet

A 2000-2016 között hazánk területén észlelt szeizmikus események főbb adatait összesítő táblázat [9]:

| Év          | Természetes eredetű rengések száma | Robbantásból eredő rengések száma | Összes esemény száma | Jelentős rengések száma* | M $\geq$ 3** erősségű rengések száma | Legerősebb rengés nagysága (M)** | A jelentős rengések átlagos intenzitásának értéke* | Mérőállomás száma |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------|
| <b>2000</b> | 86                                 | 64                                | 150                  | 6                        | 1                                    | 4,4                              | 4,16   | 18                |
| <b>2001</b> | 78                                 | 32                                | 110                  | 3                        | 2                                    | 3,8                              | 4,33   | 19                |
| <b>2002</b> | 101                                | 11                                | 112                  | 9                        | 3                                    | 3,7                              | 4,38   | 16                |
| <b>2003</b> | 103                                | 28                                | 131                  | 15                       | 6                                    | 4,3                              | 4,5  | 16                |
| <b>2004</b> | 73                                 | 43                                | 116                  | 5                        | 3                                    | 3,8                              | 4,8  | 16                |
| <b>2005</b> | 63                                 | 33                                | 96                   | 3                        | 1                                    | 4,1                              | 4,66   | 16                |
| <b>2006</b> | 45                                 | 37                                | 82                   | 4                        | 3                                    | 4,5                              | 4,875  | 15                |
| <b>2007</b> | 58                                 | 33                                | 91                   | 3                        | 2                                    | 3,5                              | 4,25   | 15                |
| <b>2008</b> | 75                                 | 41                                | 116                  | 5                        | 2                                    | 4                                | 4,4  | 15                |
| <b>2009</b> | 104                                | 125                               | 129                  | 2                        | 0                                    | 3,6                              | 3,75   | 16                |
| <b>2010</b> | 134                                | 62                                | 196                  | 14                       | 3                                    | 3,2                              | 4,32   | 14                |
| <b>2011</b> | 410                                | 95                                | 505                  | 7                        | 3                                    | 4,5                              | 4,85   | 18                |
| <b>2012</b> | 97                                 | 65                                | 162                  | 3                        | 0                                    | 3,1                              | 4,5  | 18                |
| <b>2013</b> | 227                                | 151                               | 378                  | 15                       | 7                                    | 4,8                              | 4,7  | 22                |
| <b>2014</b> | 175                                | 312                               | 487                  | 10                       | 3                                    | 4,2                              | 4,6  | 23                |
| <b>2015</b> | 200                                | 279                               | 479                  | 7                        | 4                                    | 3,9                              | 5  | 24                |
| <b>2016</b> | 209                                | 261                               | 470                  | 2                        | 0                                    | 2,4                              | 4  | 30                |

\*Európai Makroszeizmikus Skála alapján (1-12 EMS fokozat)

\*\*Richter-skála szerint (1-9 magnitúdó [M])

## Árvízvédelmi létesítmények döntéstámogató módszertani segédlete

*Árvízvédelmi földtöltések*

| ERŐSSÉGEK  | GYENGESÉGEK  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– az ártér, illetve védett öblözet területeinek (mezőgazdasági területek, lakóövezetek, egyéb magasépítmények és létesítmények stb.) elöntésektől való védelme;</li> <li>– környező épületek megzavarása és kitelepítések nélkül üzemeltethető árvízi időszakban;</li> <li>– a koronaszint ideiglenes védművekkel átmenetileg magasítható;</li> <li>– a védmű statikailag ellenálló a külső mechanikai hatásokkal szemben;</li> <li>– kedvező pszichológiai hatás: növeli a lakosság biztonságérzetét;</li> <li>– koronaszintjén közlekedő út létesíthető (burkolt út, stabilizált töltéskorona előírások szerint);</li> <li>– alacsony anyagköltség (helyben rendelkezésre álló beépítési anyagok), kedvező kiépítési költség;</li> <li>– megfelelő füvesítéssel a partszakaszok táji képébe beilleszthető;</li> <li>– az MSZ 15290 szabvány alapján vízzáró kötött talajból épített homogén gátak esetén az egyszilárdság kedvező;</li> <li>– egyszerű konstrukció, kiépítése nem igényel speciális beavatkozásokat, könnyen rámpázható.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– esetenként hullámtér szűkítő hatás;</li> <li>– a folyót keresztező műtárgyak elemeinek és pályaszerkezetének magasságából, illetve tereptárgyainak elhelyezkedéséből eredő kiépíthetőségi problémák;</li> <li>– az eróziós hatásoknak, fagyhatás következményeinek való magas fokú kitettség;</li> <li>– gyors apadásból eredő suvadások, szakadások gyakorisága (földtest elmozdulása síkcsúszólappal, mentett oldali rézsúv átázása);</li> <li>– a (talp)szivárgások és hullámverések ellen műszaki beavatkozások és megerősítések szükségesek;</li> <li>– időjárási jelenségeknek való kitettség;</li> <li>– jelentős helyigény (területi igény);</li> <li>– kiépítésük jelentős földmunkát, nehéz munkagépek igénybevételét, és megfelelő minőségű anyaggyödrök rendelkezésre állását teszi szükségessé;</li> <li>– sűrű karbantartás és állékonysági felülvizsgálat szükséges;</li> <li>– a földgátak permanens telepítésük (árvízmentes időszakban is a helyszínen maradnak), ami korlátozhatja a partszakasz megközelíthetőségét;</li> <li>– jelentős helyigénye miatt az öngondoskodás részeként csak korlátozottan alkalmazható;</li> <li>– a potenciális altalaji szivárgások és állékonysági problémák miatt a töltések szivárgás gátló létesítményekkel való (agyagfog, résfalak, szádfalak, mélyszivárgó rendszerek stb.) megerősítése szükséges (szerkezetes gátak);</li> <li>– állati eredetű károkra való érzékenység (ürgék, vakondok, hódok);</li> <li>– létesítésével a partszakasz ökoszisztémája átalakulhat.</li> </ul> |
| LEHETŐSÉGEK  | KOCKÁZATOK   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– a folyó eróziós és hidrodinamikai hatásaival szembeni védelem lehetőségeinek fejlesztése (pl. speciális geofóliák, új megoldás azok rögzítésére, a hullámverés elleni védelem korszerűsítése stb.);</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– a kedvezőtlen altalaji adottságokból, szivárgásokból és állékonyság-csökkenésből eredő káros (árvízi) jelenségek (talpszivárgás, átázás, rézsúcsúzás, töltésszakadás, repedések, csurgás, buzgárok keletkezése stb.);</li> <li>– a nem megfelelő anyagok beépítéséből eredő súlyos állékonysági problémák (pl. korábbi</li> </ul>   |

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- új alternatívák kutatása, a védművek mobil árvízvédelmi rendszerekkel való kombinálása, illetve kiváltása;</li> <li>- középvízi mederkezeléssel és hullámtér-rendezéssel a töltés koronaszintjét meghaladó árvízszintek kockázata jelentősen csökkenthető;</li> <li>- a szivárgásgátlást biztosító, felszín alatti vízzáró elemek kiváltására irányuló kutatások, továbbfejlesztési lehetőségek;</li> <li>- az Európai Unió társfinanszírozásával történő megvalósítás;</li> <li>- lokális gyenge pontok feltárása és megerősítése;</li> <li>- kerékpáros útvonalhálózatba való bekapcsolás (megfelelő útburkolat esetén).</li> </ul> | <p>technológiával épült, nem megfelelően tömörített földmű);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- többszöri magasításból és keresztmetszeti megerősítésből eredő „hagymahéj-szerkezet” hajlamos a réteg- és kontúrszivárgásokra, ami szintén állékonysági problémákat idéz elő (zónás gátak);</li> <li>- esetleges lokális gyengepontokból, egyenszilárdsági problémákból, vagy más külső tényezőtől eredő gátszakadás esetén a potenciális károk mértéke meghaladhatja a létesítmény nélküli állapotban jelentkező károkat (magas öblözeti kockázat);</li> <li>- a töltések elöregedése, amortizációja jelentős védvonal hosszban jelentkezik;</li> <li>- a töltéstestben állatok által létrehozott járatok és üregekből eredő állékonysági és szivárgási gondok;</li> <li>- a meder keresztmetszetek esetenkénti szűkítésével (pl. amennyiben az előírásoknak megfelelő szintre történő töltésfejlesztés szükségszerűen a vízdalt is érinti), a lefolyási viszonyok megváltozásával további árvízi kockázat jelentkezik;</li> <li>- a töltések kiépítésével/áthelyezésével kapcsolatos területi igények miatti társadalmi feszültségek;</li> <li>- VKI-ban megfogalmazott célokhoz való illeszthetőség problémaköre.</li> </ul> |
|--|---|

***(Mobil) árvízvédelmi falak***

| ERŐSSÉGEK   | GYENGESÉGEK   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- az ártér, illetve védett öblözeti területeinek (mezőgazdasági területek, lakóépületek, egyéb magasépítmények és létesítmények stb.) előlétől való védelme;</li> <li>- keskeny keresztmetszet mellett is szivárgásmentes védelmet biztosít, sűrű beépítésű, lakott területek árvízmentesítésére is hatékonyan alkalmazható;</li> <li>- a töltéseknél kisebb helyigény;</li> <li>- a vízáramlás, gyors apadás és hullámverés eróziós hatásával szembeni ellenálló képesség;</li> <li>- gyors és egyszerű (kézi erővel) telepíthetőség;</li> <li>- a mobil elemek leszerelésével akadálymentessé válik a hullámtér megközelítése;</li> <li>- a felszerkezet teljes hosszában és magasságában egyenszilárdságú;</li> <li>- időjárási hatásokkal szembeni ellenálló képesség;</li> <li>- árvízmentes időszakban a mobil elemek tárolása és karbantartása egyszerűen és</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- magas kiépítési költség;</li> <li>- létesítésével a partszakasz jelentősen átalakulhat;</li> <li>- fizikai sebezhetőség (vandalizmus, uszadékok, jég, külső hatások);</li> <li>- 2 méternél magasabb falazat esetén a tartóoszlopok megtámasztása szükséges; [85]</li> <li>- környezetre és ökoszisztémára gyakorolt káros hatások (a védmű nyomvonalában, illetve biztonsági zónájában szükséges növényzetirtás, a mélyépítésű elemek talajvízháztartásra gyakorolt hatása);</li> <li>- a magassági szint a szerkezet méretezéséből eredően limitált;</li> <li>- sok esetben a környező lakóházak kitelepítése szükséges árvízvédelmi készülségkor;</li> <li>- a mobil szerkezeti elemek telepítéshez szükséges jelentős előerő igény;</li> </ul> |

| <p>alacsony költségek mellett megoldható (alacsony üzemeltetési költség);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– a (mobil) falszerkezet magassága bizonyos határig változtatható;</li> <li>– kedvező pszichológiai hatás: növeli a lakosság biztonságérzetét.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– hazai alkalmazás jogszabályi korlátai, illetve rendezetlensége.</li> </ul>  |
|--|--|
| LEHETŐSÉGEK  | KOCKÁZATOK   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– elsősorban sűrűn lakott települések, nagyvárosok belterületeinek árvízmentesítésére alkalmazható eredményesen;</li> <li>– a kiépítési munkálatokat követő táj-rehabilitációval és területrendezéssel az okozott „tájseb” minimalizálható;</li> <li>– a méretezésre vonatkozó előírások és szabványok átültetése a magyar szabályozásba;</li> <li>– a mobil árvízvédelmi rendszerek egyes típusai alkalmazásának jogszabályi hátterének megteremtése, tisztázása;</li> <li>– „próba fal” megépítése, a jeges ár, illetve uszadékokkal szembeni ellenálló képesség vizsgálatára, a sérülések és átszakadás esetén szükséges óvintézkedések és protokollok kidolgozása;</li> <li>– hullámtéri mederkezeléssel a védmű magasságát meghaladó árvízszintek kockázata jelentősen csökkenthető;</li> <li>– fix telepítésű árvízvédelmi falakkal (parapetfállal) való kombinált alkalmazás;</li> <li>– a felszín alatti vízzáró elemek kiváltására irányuló továbbfejlesztési lehetőségek;</li> <li>– az Európai Unió társfinanszírozása mellett a mobil árvízvédelmi rendszerek elterjedésével a sűrűn lakott települések hatékony árvízi mentesítésének hosszú távú megteremtése.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– magas fokú fizikai sebezhetőség;</li> <li>– alépitményből eredő jelentős talajterhelés, talajtörési kockázat;</li> <li>– kevés ismerettel rendelkezünk a külső hatásokkal illetve jeges árvízzel és uszadékokkal szembeni ellenálló képességről;</li> <li>– nem megfelelő kiegészítő berendezések (pl. mélyszivárgók) vagy előzetes talajmechanikai vizsgálatok alapján tett intézkedések hiányában a mélyépítésű elemek a természetes talajvizek mentett oldalon való visszaduzzasztását idézhetik elő;</li> <li>– amennyiben a falazat nyomvonalának kiépítése a nagyvízi meder keresztmetszetek szűkítésével jár, a lefolyási viszonyok megváltoztatásával további árvízi kockázat jelentkezhet;</li> <li>– a falat terhelő vízoszlop hidrosztatikai nyomása, valamint a megfelelő vízzárás miatt magas gyártási pontosság szükséges;</li> <li>– nincsenek a méretezésre vonatkozó hazai előírások, illetve irányelvek (német mérnöki kamara által javasolt szabványok mérvadóak);</li> <li>– VKI-ban megfogalmazott célokhoz való illeszthetőség kérdéses.</li> </ul> |

### *Árvízszint-csökkentő tározók (VTT komplex program keretében megvalósult)*

| ERŐSSÉGEK   | GYENGESÉGEK  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– a csúcsárvízszintek csökkentésével a MÁSZ értékeket meghaladó árvízi előntési kockázat megelőzhető, illetve redukálható;</li> <li>– mértékadó árvízszinteket meghaladó árhullámok esetén a kiöntések megelőzése vízvisszatartással;</li> <li>– a lakosság lét- és vagyonbiztonsága jelentős kiterjedésű területeken nőhet;</li> <li>– a tározók be- és leeresztő műtárgyainak köszönhetően a be- és kieresztés szabályozható;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– rendkívül magas megvalósítási, fenntartási és üzemeltetési költségek;</li> <li>– hosszú kivitelezési idő;</li> <li>– rendkívül nagy területi igény, ami nagyban meghatározza a létesítés lehetőségét is;</li> <li>– a tározó elárasztása esetén a magántulajdonban lévő területek tulajdonosait kártérítés illeti meg, ami összességében jelentős teher a központi költségvetésnek;</li> <li>– az árvízi célokra való rendelkezésre állás miatt az érintett földtulajdonok értékvesztése</li> </ul> |



|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– a telepített uszadék fogóknak köszönhetően a nagyméretű uszadékok elleni védetség biztosított;</li> <li>– a VTT komplex program keretében létesült árvízszint-csökkentő tározók lehetőséget biztosítanak az új típusú tájgazdálkodásra, illetve ártér-revitalizációs és infrastrukturális fejlesztési elemek megvalósítására is;</li> <li>– a tározó üzemeltetésével, valamint a mezőgazdasági lehetőségek kibővülésével új munkahelyek teremődnek, amelyek hozzájárulnak az érintett régiók gazdasági potenciáljának növekedéséhez és a népesség megtartásához;</li> <li>– elősegítik az érintett települések egyedi településrendezési, turisztikai fejlesztéseit és a térségi, kistérségi vízre alapozó gazdaságfejlesztési programokat.</li> </ul>   | <p>(a VTT törvény egyszeri térítéssel kompenzálja);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– a tározókat határoló vonalas létesítményeken (földtöltés) szivárgási, illetve állékonysági problémák jelentkezhetnek;</li> <li>– a felszíni tározás lehetőségét nagyban determinálják, illetve korlátozzák a domborzati viszonyok és a természetvédelmi területek érintettsége;</li> <li>– a létesítmény területén elhelyezkedő magasépítmények bevédéséből, illetve eltávolításából, valamint a távvezetékek és közművek szükséges áthelyezéséből, átépítéséből eredő járulékos költségek jelentősek lehetnek;</li> <li>– területhasználati korlátozások.</li> </ul>  |
| <b>LEHETŐSÉGEK</b>  | <b>KOCKÁZATOK</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– komplex program keretében a helyi mezőgazdaság fellendítése, új munkahelyek teremtése és ezzel a térség gazdasági potenciáljának erősítése;</li> <li>– a tájgazdálkodási program keretében új és hatékonyabb gazdálkodási formák alakulnak ki: ártéri gyümölcsstermesztés, ártéri erdőtelepítés, legeltető állattartás, biogazdálkodás stb;</li> <li>– az ökoturizmus révén potenciális rekreációs lehetőségek;</li> <li>– a tározók megépítésével párhuzamosan a környező települések infrastrukturális fejlesztése;</li> <li>– a tározók területén lévő földterületek vásárlás útján történő állami tulajdonba vétele (ahol még nem történt meg), amely elősegíti a projektek tájgazdálkodási részének egységes megvalósítását, illetve működtetését, másrészt a központi költségvetés mentesíthető lenne az elárasztások után fizetendő kártérítési teher alól;</li> <li>– üzemirányítási rendszer kifejlesztése és működtetése az árvízszint-csökkentő tározók és vízkormányzási műtárgyak összehangolt és optimális üzemeltetése érdekében;</li> <li>– a tájgazdálkodási projektelemeket, illetve a gazdákat támogató rendszer erősítése;</li> <li>– tározók létesítésének vizsgálata más vízfolyásokon is;</li> <li>– az Európai Unió társfinanszírozásának támogatásából történő megvalósítás.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– a magas fenntartási költségek és jelentős területi kiterjedés miatt a hosszú távú, sikeres üzemeltetés kockázata;</li> <li>– a tájgazdálkodási, illetve próbaüzemi projektelemek elmaradása, vagy nem megfelelő végrehajtása esetén a program hosszú távú fenntarthatóságának kockázata;</li> <li>– a megvalósítás során jelentkező területszerzési, környezetvédelmi és közmű érintettségéből eredő akadályozó tényezők;</li> <li>– a létesítmények rongálódásából, a védművek állékonysági problémáiból, illetve a védképességet veszélyeztető hatásokból (pl. elhabolás, suvadás) eredően a víztartással összefüggő kockázatok;</li> <li>– az elöntéssel a tározó területére eső környezeti értékek károsodásának magas kockázata;</li> <li>– a tározók területével és kivitelezési feladataival kapcsolatos területi igények miatti társadalmi feszültségek;</li> <li>– VKI-ban megfogalmazott célokhoz való illeszthetőség problémaköre.</li> </ul> |

## A felszín alatti vízkár-elhárítási célú tározók SWOT analízise

| ERŐSSÉGEK  | GYENGESÉGEK  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– helyi vízkárok elleni hatékony védelem;</li> <li>– a csatornahálózat telítődéséből eredő felszíni szennyezések megelőzése;</li> <li>– alacsony helyigény, a földalatti létesítés a sűrűn beépített városi területeken is kivitelezhető;</li> <li>– lehetővé teszi a felszíni földhasználat más célra, illetve rendeltetésre történő használatát, nincs kedvezőtlen hatása a lakosságra;</li> <li>– komplex rendeltetés, alternatív hasznosítási lehetőségek;</li> <li>– üzemeltetése nincs közvetlen hatással a közlekedésre, illetve a felszíni infrastruktúrák működésére;</li> <li>– költséghatékony üzemeltetés;</li> <li>– szivárgásmentes konstrukció;</li> <li>– fagyhatár alatt történő kialakítással fagykárok megelőzése;</li> <li>– biztonságos, alacsony kockázatú üzemeltetés;</li> <li>– kedvező pszichológiai hatás: növeli a lakosság biztonságérzetét;</li> <li>– környezetvédelmi szempontoknak való megfelelés.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– magas kiépítési költség;</li> <li>– kialakítás során jelentős gépi (föld)munka;</li> <li>– hálózati beillesztéssel járó többletmunkálatok és költségek;</li> <li>– talajra gyakorolt hatások (vízáteresztő rétegek lezárása, kapilláris jelenségek, rétegvizek esetleges szennyeződése);</li> <li>– folyamatos üzemeltetés és monitoring szükségessége;</li> <li>– fix, nem növelhető kapacitás;</li> <li>– jogszabályi és szabályozási háttér hiánya.</li> </ul> |
| LEHETŐSÉGEK  | KOCKÁZATOK   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– fenntartható városi vízgazdálkodási stratégia hosszú távon működőképes, integrált része;</li> <li>– felszín alatti víztározással kapcsolatos kutatások és oktatási anyagok bővítése;</li> <li>– meglévő felszín alatti létesítmények vízkár-elhárítási tározóként történő használatának vizsgálata (pl. aluljárók, felszín alatti átjárók);</li> <li>– a városi árvizek kialakulásának megelőzése mellett a villámárvizek kártételei elleni védekezésre történő alkalmazás;</li> <li>– többcélú hasznosítás adódó lehetőségek: tározó terület kihasználása, visszatartott esővíz hasznosítása, turisztikai látványosság;</li> <li>– megvalósításuk az Európai Unió klímaváltozás hatásaira való felkészüléshez kapcsolódó célkitűzésével összhangban van, EU társfinanszírozás lehetősége;</li> <li>– jogszabályi nevesítése, jogszabályi környezetbe történő beépítés;</li> <li>– közcélú és magán célú alkalmazás.</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– külső hatások elleni sebezhetőség (pl. földrengés);</li> <li>– kevés kivitelezési és üzemeltetési tapasztalat;</li> <li>– üzemirányítás, kézi vezérlés (emberi mulasztásból eredő üzemzavarok, meghibásodások);</li> <li>– szennyeződések, esővíz felhasználásából eredő kockázatok;</li> <li>– mértékadó csapadékmennyiség pontatlanságaiból eredő kapacitási hiány.</li> </ul>  |

A földalatti árvízi tározás nemzetközi gyakorlata

***Földalatti alagút-rendszer, Nemzeti Árvízmentesítési Program, Málta***

A Földközi-tenger térségében harmadik legnagyobb szigetnek számító Máltán jelentős városiasodás, illetve urbanisztikai fejlődés zajlott le az elmúlt évtizedekben. Mindezek által, valamint a helyi éghajlati adottságok miatt, a városi árvizek egyre nagyobb veszélyeztetettséget jelentettek a szigetország települései számára. Kifejezetten városi árvizek megelőzésére tározó-alagút rendszert létesítettek, amelyben több, egymástól független alprojekt keretében összesen 16 km hosszon került kiépítésre az Európai Unió és a Máltai kormány társfinanszírozásával. A 2012-ben kezdődött projekt az alagút rendszer mellett vonalmenti elnyelők, felszíni tározók, csatornák és létesítését, valamint hidak és csomópontok felújítását is magába foglalta. A megvalósult létesítmények az öt éves gyakoriságban előforduló legnagyobb lokális csapadékmennyiségre lettek méretezve, az alagút rendszerben összegyűlt csapadék nagy része szabályozott körülmények között a tengerbe kerül visszaengedésre. [145]

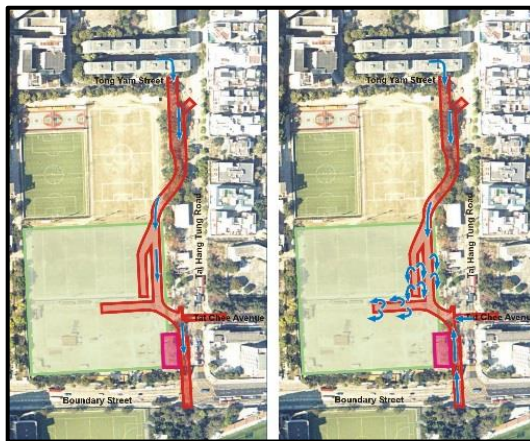


Városi árvízmentesítésre létesített alagút Máltán.  
*Forrás: [146], Készítette: nem ismert*

***Tai Hang Tung tározó, Hong Kong, Kína***

Hong Kong és térségére jellemző, alkalmanként kialakuló trópusi ciklonok rendkívül mértékű csapadékmennyiséggel járó heves esőzések általi kihívások elé állítják a DK-Ázsiai metropoliszt. Az urbanizáció gyors folyamata itt is megtette a városi árvizek kialakulására a kedvező hatást, vagyis a burkolt felületek rohamléptékben váltották fel a természetes zöldfelületeket. Mindemellett, Hong Kong évtizedekkel korábban épített

vízvezető hálózata a fokozódott árvízi kockázat ellen már nem tudott elégséges védelmet nyújtani. Minderre tekintettel, az árvízi tározás elvén alapuló, innovatív koncepciók alapján, új létesítmények valósultak meg az óváros városi árvizek kártételeinek megelőzése érdekében. Ezen törekvések egyik legjelentősebb létesítménye a 2004-ben a Tai Hang Tung elnevezésű objektum részeként megvalósult 100 ezer m<sup>3</sup> kapacitású földalatti tározó, amely az alábbi képen látható módon két fázisban üzemel. A kikerülő „bypass” üzemmódban a tározó zárt állapotban, nem kerül feltöltésre. A feltöltés módban pedig a nagy mennyiségű csapadék a bevezető átvezetőkön keresztül a tározótérben kerül elhelyezésre, majd szivattyús átmenettel történik meg a befogadó irányába történő szabályozott visszaengedése. A tározó feletti, terepszinten található területeken sportpályák, illetve rekreációs központok működnek. [147]



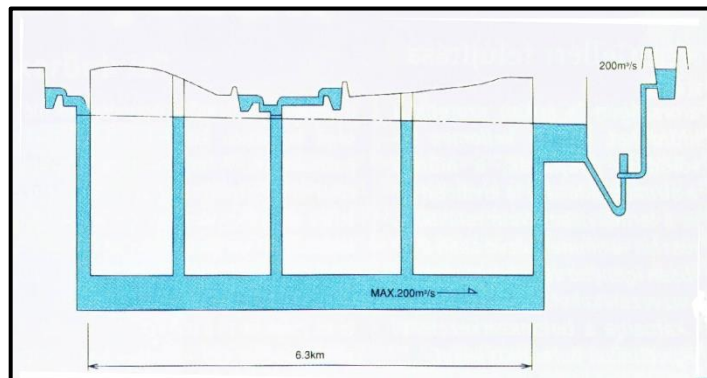
Felszín alatti árvízi tározó Hong Kongban, zárt és nyitott üzemmódban.

*Forrás: [147] Készítette: nem ismert*

### **„G-Cans” Projekt, Kasukabe, Japán**

A Japán főváros és vonzaskörzetének árvízi mentesítését szolgáló „G-Cans” névre keresztelt beruházás keretében megvalósított árvízcsúcs-csökkentő alagút és elemei a világ legnagyobb földalatti árvízmentesítési létesítményének számítanak. A projekt célja elsősorban Tokió védelme a trópusi ciklonok és intenzív esőzések következtében kialakuló városi árvizek és villámárvizek ellen. [148] Működési elvét tekintve az alábbi metszeten vázolt módon a főváros, illetve agglomerációja területén húzódó Otoshiturutone, Kuramatsu és Naka folyók vízszintjének jelentős mértékű megemelkedésekor – a kiöntés megelőzése érdekében – a nagyvízi vízhozamot víznyelőkön keresztül megcsapolják, és a 6,3 km hosszúságú, 200 m<sup>3</sup>/s vízszállító képességű alagútba vezetik, ami 5, fix küszöbű bukóval ellátott, egyenként 65 méter

magas aknával van összekötve. A vizet az alagútból egy hatalmas, 600 000 m<sup>3</sup> víz befogadására alkalmas, 59 oszloppal megerősített felszín közeli, földalatti tározóba engedik be, ahonnan nagy teljesítményű (200 m<sup>3</sup>/s) szivattyúkkal a vizet átemelik az Edogawa folyóba. Az üzemeltetés során a víztelenítést követően az alagút gépi szárítása biztosított, valamint az utolsó aknában visszamaradott fenékvíz eltávolítását szivattyúval és beépített ventilátorral oldják meg. [148; 40-41. o.] A több, mint 2 milliárd USD-ből megvalósított beruházás 1992-ben kezdődött, és 2009-ben lett átadva. A tervezésekor a 200 éves visszatérési idejű árvizek megelőzését határozták meg mértékadóként. Árvízmentes időszakban a „Giant Temple” egyben Tokió egyik kedvelt turisztikai látványossága is. [149]



A Tokiónál megvalósított árvízcsúcs-csökkentő alagút sematikus ábrája.  
 Forrás: [148; 41. o.], Készítette: Dr. Nagy László

### ***Kuala Lumpur „SMART” alagút rendszer***

A maláj főváros árvízvédelmére 2007-ben átadott, multifunkcionális „SMART” alagútrendszer egy 9,7 km hosszúságú, 3 millió m<sup>3</sup> víz átmeneti víztározásra alkalmas földalatti alagút, amelynek részét képezi egy 4 km hosszúságú, kétszintes, autópályaként funkcionáló forgalmi alagút is. Az alagút feltöltése a felső tározón keresztül, kapuk megnyitásával történik. Egy magyar szakember, Klados Gusztáv vezetésével a Stormwater Management and Road Tunnel (SMART) elnevezésű projekt keretében megvalósított többcélú létesítmény a több milliárd maláj ringit<sup>12</sup> kárt okozó villámárvizek és városi árvizek elleni védelem hatékony és egyben egyedi megoldása. A SMART rendszer az alábbi 4 üzemmódban működtethető a csapadékhullásból eredő vízhozam mértékétől és lefolyásától függően:

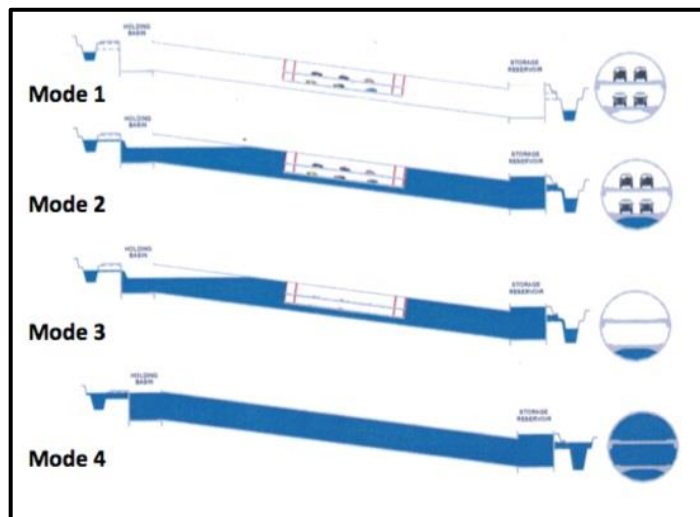
I. üzemmód: Árvízmentes időszakban, megnyitva a közlekedésnek.

<sup>12</sup>Az értekezés készítésének időpontjában számolt árfolyamon számolva 1 maláj ringit= kb. 66 forint.

II. üzemmód: Mérsékelt mennyiségű csapadék esetén, a víz az alagútcsatorna alsó részébe kerül bevezetésre maximum 50 m<sup>3</sup>/s vízbeeresztési sebességgel, a közlekedési forgalom részére továbbra is nyitott.

III. üzemmód: Jelentős csapadékmennyiség esetén, az alagutat lezárják a forgalom elől. Amennyiben a heves esőzés rövid időn belül befejeződik, és a közlekedő alagút nem került elárasztásra, a gépjárműforgalmat 2-8 órával a lezárást követően újra engedélyezik.

IV. üzemmód: Körülbelül 2-3 órával a III. üzemmód beiktatását követően aktiválják, amennyiben az intenzív esőzés nem szűnt meg. A gépjárműforgalom részére az alagút – a megfelelő tisztítási és fertőtlenítési munkálatokat követően – a feltöltéstől számítva 4 napon belül újra megnyitják. [150]

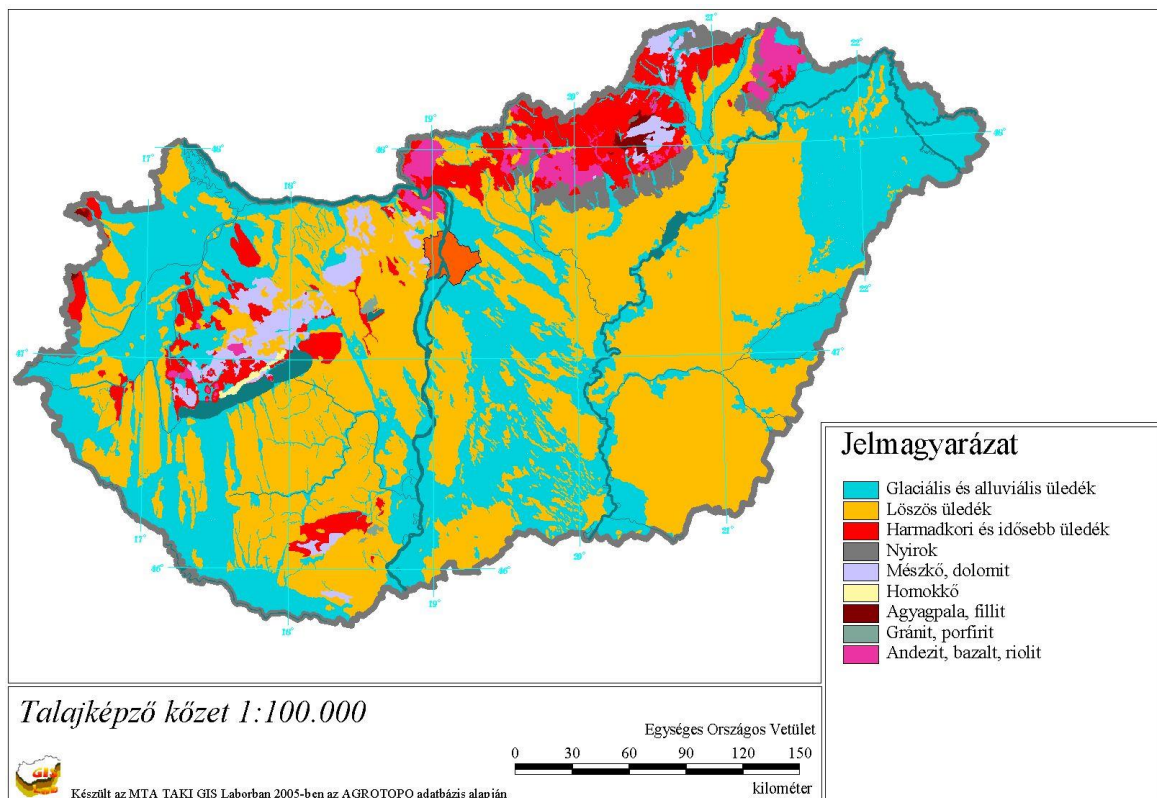


A Kuala Lumpur-i „SMART” alagút üzemmódjai

*Forrás: [150]<sup>13</sup>, Készítette: nem ismert*

Az alagút létesítmény kialakítása fűrőpajzsos alagútépítési technológiával történt, amely során bentonittal kevert zagyos táplálás ellennyomásos védelme alatt biztosították a vágóél működését, illetve a talaj és a víz pajzs belsejébe történő betörésének megakadályozását. [151; 45. o.]

<sup>13</sup> Operational Modes



Magyarország talajképző kőzetei  
*Forrás: MTA ATK TAKI [213]*

## Lakossági felmérés lakóhelyek katasztrófa-veszélyeztetettségéről

A kérdőív kitöltése kb. 4- 5 perc időt igényel. A felmérés célja a magyarországi lakóhellyel rendelkezők véleményének tükrében jövőbeni tendenciák meghatározása a települések és lakóhelyek katasztrófák elleni védettségének fokozása, az anyagi károk megelőzése és a lakosság védelme érdekében.

\*Required



### 1. Neme:

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

nő

férfi

### 2. Életkora:

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

18 év alatt

18-35 év

35-50 év

50-65 év

65 év felett



**3. Családi állapota:**

1 válasz jelölhető

*Tick all that apply.*

- hajadon/nőtlen
- elvált
- házas
- özvegy

**4. Van gyereke?**

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- igen, egy gyerek
- igen, egy gyereknél több
- nincs

**5. Melyik megyében él? \***

*Mark only one oval.*

- Budapest
- Pest megye
- Bács-Kiskun megye
- Baranya megye
- Békés megye
- Borsod-Abaúj-Zemplén megye
- Csongrád megye
- Fejér megye
- Győr-Moson-Sopron megye
- Hajdú-Bihar megye
- Heves megye
- Jász-Nagykun-Szolnok megye
- Komárom-Esztergom megye
- Nógrád megye
- Somogy megye
- Szabolcs-Szatmár-Bereg megye
- Tolna megye
- Vas megye
- Veszprém megye
- Zala megye

**6. Néesség alapján történő besorolás szerint a település ahol él: \***

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- nagyváros (100 ezer lakos felett)
- középváros (20 ezer - 100 ezer között)
- kisváros (5 ezer - 20 ezer között)
- község (ezer - 5 ezer között)
- falu (ezer alatt)

**7. A lakóhelyeül szolgáló ingatlan: \***

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- saját tulajdonú
- bérelt (kevesebb, mint 1 évre)
- bérelt (1 évre, vagy annál hosszabb időre)

**8. Legmagasabb iskolai végzettsége:**

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- 8 általános iskolai osztálynál kevesebb
- általános iskola
- szakiskola vagy szakmunkásképző
- középiskolai érettségi
- főiskolai/egyetemi diploma
- tudományos fokozat

**9. A lakóhelyeül funkcionáló ingatlan jellege: \***

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- családi ház
- társasház
- ideiglenes szállás (kollégium, munkásszálló)
- egyéb

**10. Történt-e már jelenlegi lakóhelyén vagy annak közvetlen környezetében katasztrófa esemény (árvíz, földrengés, tűz, szélsőséges időjárás, vegyi baleset, terrorcselekmény stb.) \***

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- igen
- nem
- nincs tudomásom róla

**11. Milyen mértékben érzi lakóhelyét vagy annak közvetlen környezetét katasztrófák hatásai által veszélyeztetve? \***

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- nagyon
- közepesen
- alacsony mértékben
- egyáltalán nem
- nem tudom megítélni

**12. Megítélése szerint milyen mértékben veszélyeztetik lakóhelyét vagy annak közvetlen környezetét az alábbi katasztrófa típusok? \***

(mindegyik típusnál 1 válasz jelölhető)

*Mark only one oval per row.*

|                         | rendkívüli mértékben  | nagymértékben         | közepes mértékben     | kismértékben          | egyáltalán nem        | nem tudom megítélni   |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| árvíz/belvíz            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| földrengés              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| tűz                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| szélsőséges időjárás    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| földcsuszamlás          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| vegyi/nukleáris baleset | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| terrortámadás           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**13. Osztályozza fontosság szerint a saját célra történő lakóingatlan vásárlás esetén felmerülő, alábbi szempontokat! \***

(mindegyik szempontnál 1 válasz jelölhető)

*Mark only one oval per row.*

|                                | nagyon fontos         | közepesen fontos      | kicsit fontos         | nem fontos            | egyáltalán nem számít |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| méret                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| állapot                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| esztétika                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| ár                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| katasztrófa-veszélyeztetettség | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| helyszín/környezet             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

14. **Korábban történt-e jelenlegi lakóhelyén tűz-, víz-, vagy katasztrófaálló építészeti átalakítás (viharálló tetőszerkezet, vízszigetelés, mélyépítésű szigetelés, szerkezeti megerősítés stb.) vagy védelmi célú műszaki fejlesztés (tűzjelző, mérgező anyag érzékelő stb.)?**

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- igen, jelentős mértékben
- igen, közepes mértékben
- igen, alacsony mértékben
- nem
- nincs tudomásom róla

15. **Saját tulajdonú lakóingatlanja értékének hány százalékát fordítaná a katasztrófák elleni védetség növelésére (szerkezeti megerősítés, tűzvédelem stb.)?**

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- 0 % (semennyit nem fordítana)
- 5 % alatt
- 5-15 %
- 15-30 %
- 30-50 %
- 50 % felett

16. **Milyen mértékben befolyásolnák széndékát az alábbi szempontok lakóhelyének katasztrófák elleni védelmének fokozására?**

(mindegyik szempontnál 1 válasz jelölhető)

*Mark only one oval per row.*

|  | rendkívüli mértékben  | nagymértékben         | közepes mértékben     | kismértékben          | egyáltalán nem        |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| lakóingatlanja piaci értékének növekedése    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| családalapítás, gyerekvállalás meglévő       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| kockázatelemzések eredménye                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| állami támogatás mértéke                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| katasztrófák növekvő előfordulási tendenciái | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**17. Megítélése szerint lakóhelyének katasztrófák elleni védelme elsősorban:**

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- nemzetközi együttműködésen alapuló feladat
- állami feladat
- egyéni feladat
- komplex, az állam, vállalatok és állampolgárok kölcsönös erőfeszítésein alapuló feladat
- nem tudom megítélni

**18. Az alábbi intézkedések közül melyiket tartja legfontosabbnak a jövőre való tekintettel a lakóházak katasztrófák hatásai általi károsodásának megelőzésére?**

(1 válasz jelölhető)

*Tick all that apply.*

- a lakó funkciójú épületek kockázat alapú tervezése
- a kiemelt kockázatú területeken (ártér, földcsuszamlás-veszélyes terület, veszélyes ipari létesítmény által érintett terület stb.) az építési engedélyek kibocsátásának szigorúbb korlátozása
- a lakóházak védelmi képességeinek növelése
- a települések védelmi képességeinek növelése
- nem tudom megítélni
- Other: .....

---

Powered by



**10. sz. melléklet**

A katasztrófák elleni megelőzésre irányuló öngondoskodást ösztönző felkészítések tartalma

| <b>Témakör</b>                                      | <b>Tartalma</b>  | <b>Oktatáshoz használható eszközök</b>   |
|---|--|--|
| Öngondoskodás                                       | Az öngondoskodás fontossága, a helyi megelőző védelem célja, lehetőségei, nemzetközi „best practice”.  | Kiadvány, előadás  |
| Veszélyanalízis                                     | A településeket veszélyeztető tényezők, helyzetelemzés, korábbi tapasztalatok  | Kockázati adatlap, animált kisfilmek   |
| Klímaváltozás és a természeti katasztrófák          | A klímaváltozás hatásai a veszélyeztető természeti jelenségek szempontjából, várható tendenciák.   | Kiadvány, poszter, előadás, animált kisfilmek                                      |
| Földrengés-kockázat                                 | A földrengések előfordulása, várható hatásai, a földrengés-kockázat összetevői, az Eurocode 8.   | Tankönyv, kiadvány, internetes honlap, előadás                                     |
| Földrengésálló építészeti beavatkozások             | Felületi erősítések, Téglafalazat közrefogásos megerősítése, utófeszítés, belső-külső merevítések, mellvédek és kémények megerősítése, merevítő falas megerősítés, földem-fal és padló-fal kapcsolatok megerősítése stb. | Tankönyv, előadás, műszaki kiadványok  |
| Földrengések előrejelzése                           | A valós idejű földrengés-előrejelzés célja és lehetőségei. A riasztás, figyelmeztetés és lakossági tájékoztatás módjai, helyes viselkedési normák, veszélyhelyzeti protokollok.  | Kiadvány, postai tájékoztató levél, internetes honlap, társadalmi célú hirdetések. |
| A rendkívüli árvizek                                | Az árvizek típusai, kialakulásuk módja, a rendkívüli árvizek általi kockázatok, az árvízvédelmi infrastruktúra, a károk megelőzésének lehetőségei.   | Animált kisfilmek, térinformatikai térképezés, előadás, poszter                    |
| Az árvízkárok tudatos megelőzése                    | Az árvízvédelmi infrastruktúra, nemzetközi „best-practice”, az integrált vízgazdálkodási szemlélet, zöld infrastruktúrák, új megoldások az árvízvédelemben.  | Kiadvány, tankönyv, előadás  |
| Helyi védelmi megoldások az árvízkárok megelőzésére | A károk megelőzésének technológiai lehetőségei, és azok alkalmazásának feltételei.   | Kiadvány, előadás, animált kisfilmek   |
| Megelőzésre irányuló támogatási programok           | Stratégiai háttér, országos, regionális és helyi pályázati lehetőségek, tájékoztatás, ösztönző támogatási formák, kedvezmények, hitelprogramok.  | Kiadvány, előadás, társadalmi célú hirdetések                                      |