

DIGITÁLIS ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSA AZ ÁRVÍZ ELLENI VÉDEKEZÉSBEN

Készítette: Bihari Bertalan és Klabacsek Bálint

Konzulens: Dr. Nagy Rudolf

Tartalom

Bevezetés:.....	3
1. Digitális Eszközök Szerepe az Árvízvédelemben Magyarországon	4
2. Jelenlegi Helyzet Magyarországon	7
2.1. Árvízvédelmi Infrastruktúra Jelenlegi Állapota és a Felmerülő Kihívások	7
2.2. A Helyi Közösségek Bevonása és Tájékoztatása	9
2.3. Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) Szerepe és Koordinációs Tevékenysége	11
2.4. Vízügyi Infrastruktúra Gazdasági és Társadalmi Hatásai	14
3. Innovatív Digitális Technológiák az Árvízvédelemben	16
3.1. A Folyók és Mellékfolyók Megfigyelésének Eszközei: Manuális Mérőállomások	16
3.2. Valós Idejű Vízszint-Monitoring Rendszerek és Korlátaik	18
3.3. Valós idejű adatgyűjtés Eszközei	22
3.4. Lakossági tájékoztatás és figyelmeztető rendszerek	24
4. Esettanulmányok: A 2013-as és a 2024-es Duna-árvíz összehasonlítása	26
4.1. Valós idejű adatgyűjtés és szenzortechnológia fejlesztése	26
4.2. Drónok és digitális ikrek alkalmazása.....	26
4.3. Mesterséges intelligencia és előrejelzési modellek	27
4.4. Térinformatikai rendszerek és mobil figyelmeztető rendszerek integrációja [4].....	27
4.5. Összegzés: A digitális technológiák hatása a védekezési hatékonyságra	27
5. Polgári Védelmi Szervezetek Szerepe az Árvízi Védekezésben.....	28
5.1. Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) Szerepe.....	28
5.2. Nemzetközi Szervezetek Szerepe és Nemzetközi Együttműködés	29
5.3. Az Európai Unió árvízvédelmi programjai és az EU-s együttműködés	29
5.4. Esettanulmány: A 2013-as Elba áradás – Nemzetközi összefogás és technológia ..	30
ÖSSZEFOGLALÁS.....	31
Irodalomjegyzék.....	32

BEVEZETÉS:

A dolgozat átfogóan bemutatja a digitális technológiák szerepét Magyarország árvízvédelmében, különös figyelmet fordítva az automatizált rendszerek, a térinformatikai megoldások, a mesterséges intelligencia, valamint a drónok alkalmazására. Kitérünk azokra az innovatív technológiákra, amelyek segítik a valós idejű adatgyűjtést, az előrejelzéseket és a hatékony kommunikációt a védekezési stratégiák során. A dolgozat első része az árvízvédelemhez szükséges infrastruktúra felépítését és aktuális kihívásait tárgyalja, beleértve a gátakat, szivattyútelepeket és tározókat. A digitális eszközök szerepét külön részben elemezzük, bemutatva az egyes technológiák közötti összefüggéseket, és kiemelve a valós idejű monitoring rendszerek jelentőségét. Ezen kívül több ízben is bemutatjuk a különböző modern lakosság értesítési módokat, amik révén jelentősen csökkenhet az információ közléshez szükséges idő.

Nem foglalkozunk azonban részletesen az árvízvédelmi rendszerek pontos működési mechanikájával vagy technikai tervezésével, mivel a dolgozat elsősorban a digitális innovációk gyakorlati alkalmazására koncentrálna. Az elemzés célja, hogy feltárja a digitális eszközök hozzájárulását az árvízi védekezés hatékonyságának növeléséhez, nem pedig a rendszerek technikai specifikációit vagy az árvízi infrastruktúra építésének részletes ismertetését. Az ismertetett megoldások jelentősége az éghajlatváltozás következtében egyre gyakoribbá váló szélsőséges időjárási jelenségek kezelésében rejlik, különös tekintettel a magyarországi árvízi kihívásokra.

1. DIGITÁLIS ESZKÖZÖK SZEREPE AZ ÁRVÍZVÉDELEMBEN

MAGYARORSZÁGON

Az árvíz az egyik legjelentősebb természeti katasztrófa, amely világszerte jelentős károkat okoz az infrastruktúrában, mezőgazdaságban, valamint emberéleteket veszélyeztet. Az elmúlt évtizedekben az éghajlatváltozás hatására fokozódott az árvízi kockázat, amely mind a globális, mind a lokális szinten megköveteli az árvízi védekezési módszerek újragondolását és fejlesztését. Magyarország, amely több jelentős folyó mentén helyezkedik el, különösen ki van téve az árvizek veszélyének. A Duna és a Tisza rendszeres áradásai, valamint a kisebb folyók és patakok hirtelen áradásai egyre nagyobb kihívást jelentenek az árvízvédelmi szakemberek és a helyi lakosság számára.

Magyarország földrajzi és hidrográfiai adottságai nagymértékben befolyásolják az árvízvédelem kihívásait. Az ország két legnagyobb folyója, a Duna és a Tisza, valamint számos kisebb mellékfolyó kiterjedt vízgyűjtő területei folyamatos veszélyforrást jelentenek. A Duna a Közép- és Kelet-Európa egyik legfontosabb vízi útja, amely számos országot átszelve Magyarországon is jelentős kockázatot hordoz. A Tiszán, amely szintén több országot érintve lép be Magyarország területére, gyakran alakulnak ki hirtelen áradások, amelyek nemcsak a lakosságot, hanem az infrastruktúrát és a mezőgazdasági területeket is veszélyeztetik. A kisebb vízfolyások és patakok árhullámai pedig váratlanul jelentkezhetnek, különösen heves esőzések idején. [1] [2]

Az éghajlatváltozás következtében a szélsőséges időjárási jelenségek, mint például a heves esőzések és hirtelen hóolvadások, egyre gyakoribbá és intenzívebbé válnak. Az éghajlati modellek azt mutatják, hogy a következő évtizedekben a csapadék eloszlása és intenzitása egyre inkább változni fog, ami Magyarország árvízi kockázatának növekedését eredményezi. Az ilyen események során a folyók vízszintje rövid idő alatt jelentősen megemelkedhet, ami megnehezíti a megfelelő védekezési intézkedések meghozatalát és az infrastruktúra védelmét. Az árvízvédelmi intézkedések hatékonysága ezért nagymértékben függ a rendelkezésre álló adatok minőségétől és a reagálási időtől. [3] [4] [5]

Az árvízi védekezés hatékonyságának növelésében kulcsszerepe van a digitális technológiáknak. Az elmúlt évek technológiai fejlődése lehetővé tette, hogy egyre több digitális eszköz és megoldás váljon elérhetővé az árvízvédelmi szakemberek számára. Az ilyen eszközök közé tartoznak a valós idejű adatgyűjtést végző szenzorok, térinformatikai rendszerek (GIS), mesterséges intelligencia alapú elemzőrendszerek, drónok, valamint a kiterjesztett és virtuális valóság (AR/VR) alapú megoldások. Ezek az eszközök nemcsak a védekezési munkák hatékonyságát javítják, hanem lehetővé teszik a veszélyhelyzetek előrejelzését, a lakosság gyors tájékoztatását és a védekezési stratégiák optimalizálását is. [4] [6]

A digitális technológiák egyik legfontosabb szerepe az árvízi védekezésben a valós idejű adatgyűjtés és a helyzetfelmérés biztosítása. Az automatizált vízszint-monitoring állomások és az IoT szenzorok alkalmazása lehetővé teszi, hogy a folyók és patakok vízszintjének változásait folyamatosan figyeljük, és az adatokat valós időben eljuttassuk a döntéshozókhoz. A valós idejű

adatok alapján a szakemberek gyorsabban és pontosabban tudnak reagálni a kialakuló helyzetekre, ami jelentősen növeli a védekezési intézkedések hatékonyságát. Az ilyen rendszerek Magyarországon is egyre elterjedtebbek, különösen a nagyobb folyók mentén, mint a Duna és a Tisza. [7]

A térinformatikai rendszerek (GIS) szintén kiemelt szerepet játszanak az árvízi védekezésben. A GIS lehetővé teszi a valós idejű vízszint- és csapadékadatok térképes megjelenítését, amely segíti a szakembereket a döntéshozatalban és a mentési műveletek irányításában. A térinformatikai adatok felhasználásával pontos képet kaphatunk a veszélyeztetett területekről, az árvíz hatásairól és a szükséges beavatkozási pontokról. Ezenkívül a GIS alapú mobilitás-optimalizáció segíti a mentési és védekezési erőforrások hatékony elosztását, ami különösen fontos a gyorsan változó helyzetekben. [7]

A mesterséges intelligencia (MI) alapú modellezési és elemző rendszerek az árvízi előrejelzésben és a kockázatbecslésben is jelentős előrelépést hoztak. Az MI segítségével a szakemberek képesek nagy mennyiségű adatot feldolgozni, és ezek alapján előrejelzéseket készíteni a csapadék, a vízszintek és az árhullámok alakulásáról. Az ilyen rendszerek alkalmazása lehetővé teszi a veszélyhelyzetek pontosabb előrejelzését, és hozzájárul ahhoz, hogy a védekezési intézkedések időben megkezdődjenek. Magyarországon a mesterséges intelligencia alapú előrejelzések és kockázatelemzések egyre nagyobb szerepet kapnak a vízügyi hatóságok munkájában, különösen a Duna és a Tisza mentén. [4] [8]

Az árvízvédelmi technológiák közül kiemelendő a digitális iker (Digital Twin) technológia alkalmazása. A digitális iker lehetővé teszi, hogy a folyók és árvízvédelmi rendszerek akár valós idejű digitális másolatát hozzuk létre, amely segítségével szimulálhatjuk az árvízi események lefolyását, és előre jelezhetjük a különböző védekezési stratégiák hatásait. Ez a technológia nemcsak a veszélyhelyzetek előrejelzésében nyújt segítséget, hanem lehetőséget ad a védekezési műveletek hatékonyabb megtervezésére és optimalizálására is. A digitális iker alkalmazása különösen nagy jelentőséggel bír az árvízveszélyes területeken elhelyezkedő települések védelmében, ahol a gyors reakció és a megfelelő védekezési intézkedések meghozatala elengedhetetlen.

A drónok és a távoli megfigyelési technológiák is fontos szerepet játszanak az árvízi helyzetek kezelésében. A drónok segítségével a szakemberek gyorsan felmérhetik az árvízi helyzetet, ellenőrizhetik a gátak állapotát, és dokumentálhatják a károkat. A drónok alkalmazása különösen hasznos lehet olyan területeken, ahol a megközelítés nehézkes vagy veszélyes. A hőkamerával felszerelt drónok pedig lehetővé teszik a gátak és egyéb kritikus infrastruktúra ellenőrzését, így segítve a veszélyeztetett területek gyors azonosítását és a szükséges beavatkozások megtervezését. [9]

A kiterjesztett és virtuális valóság (Augmented Reality / Virtual Reality) technológiák alkalmazása az oktatásban és tájékoztatásban szintén fontos előrelépést jelent. Az AR/VR technológiák segítségével a lakosság könnyebben megértheti az árvízi veszélyhelyzetek természetét, és felkészülhet a szükséges védekezési intézkedésekre. Az ilyen típusú oktatási modulok alkalmazása hozzájárulhat a lakosság tudatosságának növeléséhez, és segíthet abban, hogy az emberek időben és megfelelő módon reagáljanak egy esetleges árvízi helyzetre.

Az magyar árvízvédelem digitális eszközei közé tartozik a Veszélyhelyzeti Értesítési Szolgáltatás (VÉSZ) telefonos applikáció is, amely a lakosság gyors tájékoztatását szolgálja. A VÉSZ alkalmazás lehetővé teszi, hogy a veszélyeztetett területeken élő lakosság valós időben kapjon értesítést az árvízi helyzetről, és azonnal megtegye a szükséges óvintézkedéseket. A geolokáció-alapú értesítések és a mobiltechnológiák alkalmazása jelentősen növeli a tájékoztatás hatékonyságát, és segíti a lakosság biztonságának megőrzését. A VÉSZ alkalmazás példája jól mutatja, hogy a digitális technológiák hogyan segíthetik a lakosság és a védekezési szakemberek közötti kommunikációt, és hogyan járulhatnak hozzá a veszélyhelyzetek kezeléséhez. [10]

2. JELENLEGI HELYZET MAGYARORSZÁGON

2.1. ÁRVÍZVÉDELMI INFRASTRUKTÚRA JELENLEGI ÁLLAPOTA ÉS A FELMERÜLŐ KIHÍVÁSOK

BEVEZETÉS AZ ÁRVÍZVÉDELMI INFRASTRUKTÚRÁBA

Magyarország földrajzi és hidrográfiai adottságai meghatározó szerepet játszanak az ország árvízi kitettségében, különösen a nagy folyók, mint a Duna és a Tisza mentén. E folyók gyakori áradásai veszélyt jelentenek a településekre, mezőgazdasági területekre és az ipari övezetekre, ezért kiemelten fontos a védekezéshez szükséges infrastruktúra megléte és megfelelő karbantartása. Magyarország árvízvédelmi rendszere többek között gátakból, töltésekből, vízszivattyú-állomásokból és tározókból áll, amelyek együttesen alkotják az árvizek elleni védekezés alapját. [7]



Ábra 1.: Duna vízgyűjtőterülete [11]

A VÉDEKEZÉSI INFRASTRUKTÚRA FELÉPÍTÉSE

Az árvízvédelem három fő infrastrukturális eleme Magyarországon a gátak, a vízszivattyú-állomások és a tározók, amelyek egymást kiegészítve segítik az árvízvédelmi intézkedések végrehajtását. [2]

- **Gátak és töltések:** A magyarországi árvízvédelmi rendszerek központi elemei a gátak és töltések, amelyek több mint 4 000 km hosszan biztosítják a védelmet. A nagyobb folyók, mint a Duna és a Tisza, mentén ezek a védművek jelentős mértékben hozzájárulnak a lakosság és a gazdasági területek védelméhez. Az előregedett és

gyakran karbantartásra szoruló gátak ugyanakkor nem mindig képesek megfelelő védelmet nyújtani a hirtelen áradásokkal szemben, különösen a klímaváltozás következtében egyre gyakoribb extrém időjárási események esetén. [7]

- **Vízszivattyú-állomások:** Az alföldi, alacsonyan fekvő területeken, amelyek a belvizes elöntéseknek is ki vannak téve, a vízszivattyú-állomások kiemelt szerepet játszanak a belvízvédelemben. Ezek az állomások segítenek a belvíz kezelésében, különösen akkor, amikor az árhullámok visszaduzzasztják a folyók szintjét, és a belvíz elvezetése időszakosan akadályozottá válik. A szivattyútelepek folyamatos karbantartása és korszerűsítése elengedhetetlen a belvíz elleni hatékony védekezéshez. [7]
- **Tározók és vízgyűjtő rendszerek:** A tározók elsősorban a nagyobb árvizek kiegyenlítésére szolgálnak, lehetővé téve a folyók vízszintjének szabályozását. Az árvízi tározók lehetőséget biztosítanak a hirtelen árhullámok idején a víz visszatartására, megakadályozva ezzel a lakott területek elöntését. Ugyanakkor a meglévő tározók kapacitása gyakran nem elegendő a szélsőséges időjárási körülmények kezelésére, amelyek gyakorisága a klímaváltozás hatására növekszik. [7]

AZ INFRASTRUKTÚRA ÁLLAPOTÁNAK ÉS KAPACITÁSÁNAK KORLÁTAI

Az évek során az árvízvédelmi infrastruktúra jelentős igénybevételnek volt kitéve. Az infrastruktúra elöregedése, a karbantartási és felújítási munkák hiánya, valamint a növekvő áradási események miatt Magyarország árvízvédelmi rendszere számos kihívással néz szembe.

- **Karbantartási hiányosságok:** A régebbi építésű gátak és töltések nem minden esetben képesek megfelelően ellenállni a szélsőséges áradásoknak. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség tanulmánya szerint az európai országok többségében az árvízvédelmi infrastruktúra már nem felel meg a modern követelményeknek, és a folyamatos karbantartás elmulasztása súlyosbíthatja a helyzetet. [11]
- **Kapacitásproblémák:** Az árvízi tározók és gátak kapacitása gyakran nem elegendő a nagy mennyiségű csapadék és a hirtelen jött áradások kezelésére. Az infrastruktúra eredetileg nem a mai szélsőséges időjárási eseményekre lett tervezve, ezért szükség van a kapacitások növelésére és a meglévő védművek megerősítésére. [11]
- **Pénzügyi korlátok:** A modernizáció jelentős anyagi erőforrásokat igényel. Az infrastruktúra karbantartása és korszerűsítése meghaladja az állami és önkormányzati költségvetés kereteit, és sok esetben európai uniós támogatásokra van szükség a szükséges fejlesztések végrehajtásához. [10]

A MODERNIZÁCIÓ SZÜKSÉGESSÉGE ÉS FENNTARTHATÓSÁGI KÉRDÉSEK

Az árvízvédelmi infrastruktúra modernizálása és fenntarthatóvá tétele nem csupán a hatékonyság szempontjából fontos, hanem hozzájárul a környezetvédelmi célok eléréséhez is. A modernizáció során kiemelt szempont a megújuló energiaforrások alkalmazása, valamint a fenntartható technológiák bevezetése az árvízvédelemben.

- **Megújuló energiaforrások integrálása:** A vízszivattyú-állomások és egyéb infrastruktúrák működtetése jelentős energiaköltséggel jár. A napenergiával működtetett szivattyútelepek bevezetése például csökkentheti az energiaköltségeket és a környezetre gyakorolt negatív hatást.
- **Automatizáció és távoli ellenőrzés:** Az automatizált rendszerek alkalmazása lehetőséget ad arra, hogy csökkentsék a helyszíni munkaerő-szükségletet, és távoli eléréssel nyomon kövessék az árvízi helyzeteket. Az automatikus adatgyűjtés és a valós idejű figyelmeztetések lehetőséget biztosítanak a hatékonyabb reagálásra.
- **Természetközeli megoldások alkalmazása:** Az ökológiai szempontokat figyelembe vevő árvízvédelmi módszerek, például az árvízi öblözetek kialakítása és a folyók természetes vízgyűjtő területeinek helyreállítása csökkenthetik az emberi beavatkozások szükségességét, és hosszú távon fenntarthatóbb védelmi megoldást biztosítanak.

A KÖZÖSSÉGI ÉS GAZDASÁGI HATÁSOK

Az árvízvédelmi infrastruktúra fejlesztése közvetlen gazdasági és társadalmi hatásokkal jár, mivel árvíz esetén hozzájárul a települések biztonságának növeléséhez és a közösségek életkörülményeinek javításához.

- **Foglalkoztatási hatás:** Az infrastrukturális fejlesztések és a karbantartási munkálatok új munkahelyeket teremtenek, különösen az árvízvédelemmel érintett régiókban. A vízügyi beruházások során alkalmazott munkaerő jelentős részét a helyi lakosság adja, így a fejlesztések közvetlen gazdasági hatást gyakorolnak a vidéki térségekre.
- **Gazdasági stabilitás biztosítása:** Az árvízvédelmi infrastruktúra korszerűsítése csökkenti a károk kockázatát, ami a mezőgazdasági és ipari termelés stabilitására is pozitív hatással van. Az árvíz okozta károk mérséklése hozzájárul az állami költségvetés védelméhez, mivel csökkenti a katasztrófaelhárításra fordított források szükségességét.
- **Közösségi kohézió erősítése:** Az árvízvédelemmel kapcsolatos közösségi programok és önkéntes tevékenységek megerősítik a helyi közösségek összetartozását és növelik a közösség ellenállóképességét az árvízi veszélyekkel szemben.

2.2.A HELYI KÖZÖSSÉGEK BEVONÁSA ÉS TÁJÉKOZTATÁSA

A KÖZÖSSÉGI RÉSZVÉTEL FONTOSSÁGA AZ ÁRVÍZVÉDELEMBEN

A helyi közösségek bevonása alapvető fontosságú az árvízi veszélyhelyzetek hatékony kezelésében, hiszen az árvízvédelmi szakemberek mellett a lakosság tájékozottsága és felkészültsége is nagyban befolyásolja a védekezés sikerességét. Az áradások megelőzésében és a gyors reagálásban kulcsszerepet játszik, hogy a lakosok értesítése és felkészítése hatékonyan valósuljon meg. Magyarországon különböző értesítési rendszerek és figyelmeztető programok állnak rendelkezésre, amelyek biztosítják a lakosság folyamatos tájékoztatását. [2]

A VÉSZ ALKALMAZÁS ÉS EGYÉB FIGYELMEZTETŐ RENDSZEREK

Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) által üzemeltetett *Veszélyhelyzeti Értesítési Szolgáltatás* (VÉSZ) kiemelt szerepet játszik az árvízi helyzetek kezelésében, mivel valós időben nyújt figyelmeztetéseket a veszélyeztetett területeken élők számára. A VÉSZ alkalmazás a mobil eszközökön keresztül gyorsan és közvetlenül értesíti a lakosságot az árvízi helyzetekről, így a felhasználók gyorsabban reagálhatnak és megtehetik a szükséges óvintézkedéseket. [10]

- **Geolokáció-alapú értesítések:** A VÉSZ alkalmazás geolokáció-alapú értesítései lehetővé teszik, hogy a figyelmeztetések elsősorban csak az érintett területeken élőkhöz jussanak el, így a lakosok közvetlenül, célzott információkat kapnak a potenciális veszélyekről.
- **Értesítések és riasztási szintek:** Az alkalmazás különböző riasztási szintekkel dolgozik, amelyek a helyzet súlyosságától függően változnak. A lakosság így gyorsabban értesül a fenyegető áradások mértékéről, és időben megteheti a szükséges lépéseket.

A KÖZÖSSÉGI TÁJÉKOZTATÁS ÉS FIGYELEMFELHÍVÁS SZEREPE

A figyelmeztető rendszereken kívül fontos, hogy a közösségek tagjai tisztában legyenek az árvízi veszélyekkel és a védekezési módszerekkel. Az átfogó tájékoztató programok és kampányok segítik a helyi lakosokat abban, hogy felkészültebben és hatékonyabban kezeljék a hirtelen kialakuló árvízi helyzeteket.

- **Oktatási programok és gyakorlatok:** A közösségi alapú oktatási programok és árvízi felkészülési gyakorlatok segítik a lakosság tájékozottságának és felkészültségének növelését. Az OKF szervezésében megvalósuló tájékoztató programok és gyakorlatok közösségi alapú ellenállóképességet építenek ki, amely hozzájárul a védekezési stratégiák hatékonyságához.
- **Digitális kampányok és közösségi média szerepe:** Az internetes és közösségi média platformokon történő kampányok segítik az árvízi figyelmeztetések gyors terjesztését, hiszen a közösségi média elérése gyors és széleskörű. A digitális kampányok által a figyelmeztetések és a védekezési tanácsok gyorsan és hatékonyan juthatnak el a szélesebb közönséghez, különösen a fiatalabb korosztályhoz, akik gyakran a közösségi médián keresztül tájékozódnak.

A HELYI KÖZÖSSÉGEK AKTÍV BEVONÁSA ÉS ÖSSZEFOGÁSA

A helyi közösségek bevonása az árvízvédelmi munkálatokba különösen fontos azokban a régiókban, ahol a rendszeres áradások jelentős károkat okozhatnak. A lakosok aktív részvételére a védekezési tevékenységekben nemcsak árvízi helyzetekben, hanem az előkészítő munkálatok során is szükség van.

- **Önkéntesek bevonása és képzése:** A helyi közösségek önkénteseinek képzése hozzájárul a gyorsabb reakció biztosításához, különösen kritikus helyzetekben. Az

önkéntesek az árvízvédelmi szakemberekkel együttműködve képesek részt venni a védekezési munkákban, például a gátak megerősítésében vagy a helyi lakosság evakuálásában⁵.

- **Közösségi gyakorlatok és felkészültségi tesztek:** Az önkéntesek és helyi lakosok számára szervezett árvízi gyakorlatok fontos szerepet játszanak a közösségi ellenállóképesség erősítésében. Ezek a gyakorlatok segítik a közösségeket abban, hogy gyorsabban és összehangoltabban reagáljanak az árvízi veszélyhelyzetekre.

FEJLESZTÉSI JAVASLATOK A KÖZÖSSÉGI BEVONÁS ÉS TÁJÉKOZTATÁS TERÜLETÉN

A közösségi alapú védekezési stratégiák jövőbeli fejlesztése hozzájárulhat az árvízi védekezés hatékonyságának növeléséhez, különösen olyan területeken, ahol az árvízi kockázatok magasak.

- **Mobilalkalmazások továbbfejlesztése:** Az olyan mobilalkalmazások, mint a VÉSZ, jövőbeli fejlesztésekkel interaktívabbá tehető, például a lakosok visszajelzést küldhetnének az adott helyszínen tapasztalt állapotokról. Ezzel a helyi lakosok aktívan hozzájárulhatnak az adatgyűjtéshez, és jobban bekapcsolódhatnak a védekezési folyamatokba⁶.
- **Közösségi alapú figyelmeztető rendszerek:** Az európai és nemzetközi tapasztalatok alapján érdemes közösségi alapú figyelmeztető rendszereket létrehozni, amelyek lehetővé teszik a helyi lakosok számára, hogy a közösségi média és az online platformok segítségével értesítsék egymást a közelgő árvízi helyzetekről.
- **Lakossági képzések szélesítése:** Az árvízvédelemmel kapcsolatos képzések szélesebb körű elérhetősége, például iskolai oktatási programok vagy helyi tanfolyamok formájában, növelheti a közösségek tudatosságát és felkészültségét. A helyi lakosok így jobban megérthetik az árvízveszély jellegét és a védekezési módszerek fontosságát⁷.

2.3.AZ ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG (OKF) SZEREPE ÉS KOORDINÁCIÓS TEVÉKENYSÉGE

AZ OKF SZEREPE AZ ÁRVÍZVÉDELEMBEN

Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) a magyarországi árvízvédelem központi szerve, amely összehangolja a védekezési tevékenységeket és biztosítja a lakosság tájékoztatását veszélyhelyzetek idején. Az OKF feladatai közé tartozik az árvízi védekezés operatív irányítása, a megelőző intézkedések szervezése, valamint a kárhelyreállítási munkálatok koordinálása. Az árvízi védekezés során az OKF központi szerepet tölt be a különböző hatóságok, helyi önkormányzatok és civil szervezetek közötti együttműködés megteremtésében és irányításában. [10]



Ábra 2.: Polgári védelem [10]

Magyarországon a polgári védelem a katasztrófa védelem részét képezi, de nemzetközi szinten a polgári védelmi szervek foglalkoznak a katasztrófa helyzetek kezelésével.

AZ OKF FIGYELMEZTETÉSI ÉS TÁJÉKOZTATÁSI RENDSZEREI

A lakosság figyelmeztetése és tájékoztatása az OKF egyik legfontosabb feladata az árvízi helyzetek kezelésében. Ehhez többek között a VÉSZ (Veszélyhelyzeti Értesítési Szolgáltatás) alkalmazást használják, amely lehetővé teszi, hogy valós időben juttassanak el figyelmeztetéseket és információkat az árvízi kockázatokról. Az OKF emellett rendszeresen tájékoztatja a lakosságot televíziós, rádiós és közösségi média platformokon keresztül, hogy a lehető legszélesebb körben érjék el a veszélyeztetett területeken élőket.

- **Központi koordináció és geolokáció-alapú értesítések:** Az OKF VÉSZ alkalmazása központi szinten integrálja a geolokáció-alapú figyelmeztetéseket, amelyek azonnal elérhetővé válnak az érintett régiók lakossága számára. Ezáltal minimalizálható a lakosok késlekedése a szükséges óvintézkedések megtételében, mivel a célzott értesítések gyorsan figyelmeztetik őket a közelgő árvízveszélyre.

AZ OKF KOORDINÁCIÓS TEVÉKENYSÉGE

Az OKF az árvízi védekezés különböző szakaszaiban koordinálja a kormányzati és helyi szereplők tevékenységeit, biztosítva a hatékony együttműködést és erőforrás-felhasználást. Az OKF koordinációs feladatai a következő főbb területekre terjednek ki:

- **Helyi és országos szintű együttműködés:** Az OKF kapcsolatot tart fenn az önkormányzatokkal és a helyi hatóságokkal, hogy az árvízi helyzetek kezelése összehangolt és átfogó legyen. A szervezet felügyeli a védekezési stratégiák megtervezését és végrehajtását, ami különösen fontos a határmenti területeken, ahol több hatóság összehangolt beavatkozása szükséges.
- **Erőforrások és személyzet irányítása:** Az OKF irányítja és elosztja az erőforrásokat a védekezési műveletek során. Ez magában foglalja az emberi erőforrások, például az önkéntesek és szakemberek bevetését, valamint a technikai eszközök, például szivattyúk, homokzsákok és árvízi védekezési eszközök koordinációját. Az OKF

rendszeresen értékeli a rendelkezésre álló kapacitásokat, és szükség esetén átcsoportosítja azokat a legkritikusabb régiókba.

NEMZETKÖZI KAPCSOLATOK ÉS EU-S EGYÜTTMŰKÖDÉSEK

Az OKF részt vesz különböző nemzetközi együttműködési programokban és projektalapú kezdeményezésekben, amelyek célja az árvízi védekezés hatékonyságának növelése és a legjobb gyakorlatok átvétele. Az európai szintű árvízvédelmi programok és partnerségek, például az Európai Unió által támogatott Interreg projektek, lehetőséget adnak az OKF számára, hogy tapasztalatot cseréljen más országokkal és olyan innovatív megoldásokat vezessen be, amelyek hozzájárulhatnak a magyarországi árvízvédelem fejlesztéséhez. [11] [10]

- **Határmenti együttműködés:** Magyarország árvízi veszélyeztetettsége miatt az OKF kiemelt figyelmet fordít a határmenti együttműködésre, különösen a szomszédos országokkal, mint Ausztria, Szlovákia és Románia. A közös védekezési stratégiák kidolgozása érdekében az OKF rendszeresen részt vesz közös gyakorlatokon, ahol a határmenti területeken közösen tesztelik a védekezési kapacitásokat és a gyors reagálási lehetőségeket.

FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK ÉS JAVASLATOK

Az OKF által végzett árvízvédelmi és koordinációs tevékenységek folyamatos fejlesztése érdekében több javaslat is megfogalmazódott, amelyek hozzájárulhatnak a szervezet hatékonyságának növeléséhez:

- **Digitális kommunikációs rendszerek fejlesztése:** Az OKF jövőbeli tervei között szerepel a digitális kommunikációs rendszerek továbbfejlesztése, amelyek lehetővé teszik az árvízi helyzetek gyorsabb és átláthatóbb közlését a lakosság és a védekezési szervezetek között. A központi adatbázis és az adatmegosztás egyszerűsítése például javíthatja a különböző szervek közötti információáramlást.
- **Erőforrás-kezelési rendszerek optimalizálása:** Az erőforrások hatékonyabb elosztása érdekében az OKF fejlettebb adatkezelési és logisztikai rendszerek alkalmazását tervezi. Ez lehetővé tenné, hogy a szervezet pontosabban mérje fel a szükséges kapacitásokat és a védekezési tevékenységek költséghatékonyságát.
- **Nemzetközi kapcsolatépítés és közös projektek:** Az OKF a jövőben több nemzetközi projektben is részt kíván venni, amelyek lehetőséget nyújtanak új technológiák tesztelésére és a közös európai árvízi védekezési stratégiák kidolgozására. Az együttműködés például hozzájárulhat a digitális iker technológiák bevezetéséhez, amelyek révén a folyók digitális modelljei alapján lehet előre jelezni az áradások hatását és megtervezni a védekezési lépéseket.

2.4.VÍZÜGYI INFRASTRUKTÚRA GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALMI HATÁSAI

AZ ÁRVÍZVÉDELMI INFRASTRUKTÚRA GAZDASÁGI JELENTŐSÉGE

Magyarország vízügyi infrastruktúrája jelentős gazdasági értéket képvisel, mivel az árvízvédelmi beruházások csökkentik az áradások okozta kockázatot és védik a gazdaság stabilitását. A gátak, töltések és vízszivattyú-állomások megóvják az ipari és mezőgazdasági területeket, biztosítva ezzel a termelés folyamatosságát. Az árvízvédelmi fejlesztések tehát közvetett módon csökkentik az állami és helyi költségvetésekre nehezedő nyomást, mivel mérséklik a katasztrófaelhárítási költségeket és az árvízkárok helyreállítására fordítandó összegeket.

A TÁRSADALMI HATÁSOK ÉS A LAKOSSÁG BIZTONSÁGA

Az árvízvédelmi rendszerek hozzájárulnak a lakosság életkörülményeinek javításához azáltal, hogy növelik a veszélyeztetett területeken élők biztonságérzetét. Az infrastruktúra kiépítése és fejlesztése különösen a kisebb vidéki közösségek számára jelent sokat, mivel ezek a régiók gyakran kiszolgáltatottabbak a természeti katasztrófáknak. Az árvízvédelmi intézkedések növelik a lakosság ellenállóképességét, és erősítik a közösségek közötti összefogást, mivel a helyi védekezési munkákban önkéntesek is részt vesznek, ezáltal növelve a társadalmi kohéziót.

FOGLALKOZTATÁSI HATÁS ÉS HELYI GAZDASÁGFEJLESZTÉS

Az árvízvédelmi projektek a foglalkoztatás növeléséhez is hozzájárulnak, mivel az infrastruktúra kiépítése és karbantartása jelentős munkaerőt igényel, különösen a védekezéssel érintett területeken. A vízügyi beruházások munkahelyeket teremtenek mind az építési, mind a fenntartási szakaszokban, és ezek a projektek különösen előnyösek a vidéki területek gazdasági fejlesztésére. A helyi gazdaság szempontjából a foglalkoztatás növekedése hosszú távon fenntarthatóbb fejlődési lehetőségeket biztosít.

KÖRNYEZETI FENNTARTHATÓSÁG ÉS TERMÉSZETES ÉLŐHELYEK VÉDELME

A modern vízügyi infrastruktúra lehetőséget ad a környezeti fenntarthatóság szempontjainak figyelembevételére is, például a természetes árterek helyreállításával és ökológiai gátak kialakításával. Az ilyen típusú fenntartható infrastruktúra a vízfolyások természetes vízszintingadozását figyelembe véve biztosítja az árvízvédelmet, miközben minimalizálja a környezetre gyakorolt negatív hatást. A természetközeli megoldások egyre fontosabbá válnak az árvízvédelmi stratégiákban, mivel ezek hosszú távon csökkenthetik az emberi beavatkozás szükségességét.

FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK ÉS TÁRSADALMI ELŐNYÖK

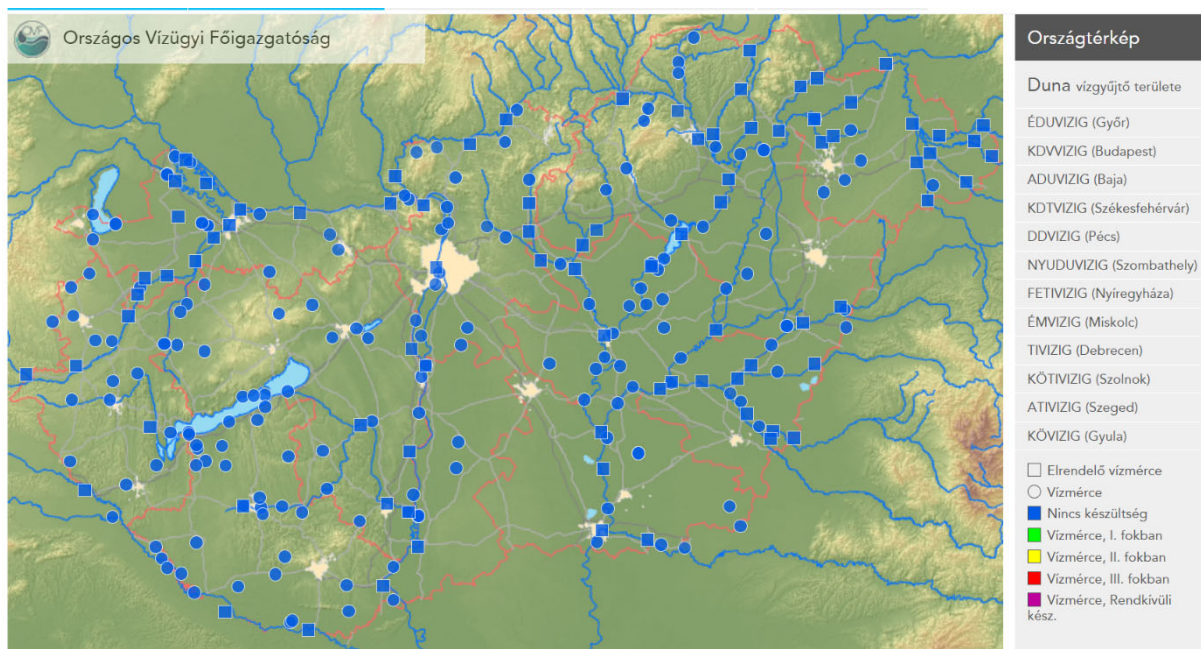
A vízügyi infrastruktúra fejlesztése számos gazdasági és társadalmi előnnyel járhat, különösen, ha a jövőbeli beruházások a fenntarthatósági szempontokra és a közösségi bevonásra is figyelmet fordítanak. A közösségi alapú árvízvédelmi kezdeményezések segíthetik a helyi lakosokat abban, hogy jobban megértsék a vízgazdálkodás fontosságát, és aktív résztvevőként

vegyenek részt a védekezési munkákban. Az oktatási programok és a közösségi projektek fejlesztése szintén hozzájárul a lakosság árvízi tudatosságának növeléséhez és a közösségek ellenállóképességének fokozásához.

3. INNOVATÍV DIGITÁLIS TECHNOLOGIÁK AZ ÁRVÍZVÉDELEMBEN

Az árvízi védekezés jelentős kihívást jelent mind Magyarországon, mind globálisan, mivel az éghajlatváltozás következtében a szélsőséges időjárási események – például a heves esőzések és a gyors hóolvadások – egyre gyakoribbak. Az ilyen katasztrófák kezeléséhez elengedhetetlenek a modern, integrált digitális technológiák, amelyek lehetővé teszik az árvízi helyzetek pontosabb előrejelzését és a védekezési intézkedések hatékonyabb koordinálását. Az árvízvédelem hatékonyságának növelése érdekében számos fejlett digitális technológia áll rendelkezésre, amelyek integrált alkalmazása lehetővé teszi a valós idejű adatgyűjtést, kockázatelemzést és lakossági tájékoztatást. Magyarországon az árvízi kockázatok kezelése szempontjából különösen fontos a drónok, digitális iker modellek, IoT szenzorok, mesterséges intelligencia (MI), térinformatikai rendszerek (GIS) és figyelmeztető rendszerek közötti együttműködés. E technológiák összekapcsolása lehetővé teszi, hogy az adatok valós időben jussanak el a döntéshozókhoz és a lakossághoz, így növelve a védekezési intézkedések hatékonyságát. [4]

3.1. A FOLYÓK ÉS MELLÉKFOLYÓK MEGFIGYELÉSÉNEK ESZKÖZEI: MANUÁLIS MÉRŐÁLLOMÁSOK



Ábra 3.: Magyarországi mérőállomások [7]

A MANUÁLIS MÉRŐÁLLOMÁSOK SZEREPE AZ ÁRVÍZVÉDELEMBEN [2] [1]

Ahhoz, hogy megérthessük a digitális eszközök fontosságát az árvízvédelemben, ahhoz elengedhetetlen ismernünk a régimódi jól bevált, de néhol finomításra szoruló manuális víz

monitorozó technikákat. A manuális mérőállomások Magyarországon hagyományosan fontos szerepet játszanak a folyók és mellékfolyók vízszintjének monitorozásában. E mérőállomások különösen a kisebb folyók és mellékfolyók mentén elterjedtek, ahol az automatizált megfigyelőrendszerek telepítése technológiai és költség béli korlátok miatt nem mindig megvalósítható. Az ilyen típusú állomások lényeges információkat biztosítanak az áradások előrejelzéséhez, hiszen a mérések alapján a szakemberek képesek követni a vízszint változásait, amely segíthet az árvízi veszélyek azonosításában. [7]

A MANUÁLIS MÉRŐÁLLOMÁSOK FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

A manuális mérőállomások egyszerű, de hatékony eszközök a vízszint mérésére. A mérőállomások gyakran tartalmaznak limnimétereket, amelyek egy rögzített mérőrudat használnak a vízszint megjelenítésére. A mérési folyamat általában a következőképpen zajlik:

- **Mérőrud telepítése:** A mérőrudakat általában a folyópart közelében, jól látható helyeken helyezik el, ahol a vízszint változásai könnyen leolvashatók.
- **Manuális leolvasás:** A vízügyi szakemberek rendszeres időközönként ellenőrzik a vízszintet, és manuálisan rögzítik az adatokat.
- **Adatrögzítés:** A mérési adatokat általában papíralapon jegyzik fel, vagy mobil eszközök segítségével továbbítják központi adatbázisokba, ahol a döntéshozók hozzáférhetnek az aktuális információkhoz.

A manuális mérőállomások hatékonysága függ a leolvasási gyakoriságtól és a leolvasók pontosságától, mivel a vízszint gyors változásai, különösen áradások idején, jelentősen befolyásolhatják az adatgyűjtés megbízhatóságát.

MANUÁLIS MÉRŐÁLLOMÁSOK ELŐNYEI ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

A manuális mérőállomások több előnnyel is rendelkeznek, amelyek biztosítják, hogy a kisebb víztestek és a nehezebben megközelíthető területek esetében is hatékonyan alkalmazhatók legyenek:

- **Költséghatékonyság:** A manuális mérőállomások telepítése és karbantartása jelentősen alacsonyabb költséggel jár, mint az automatizált rendszereké, így különösen vidéki vagy nehezen elérhető helyeken előnyösek.
- **Rugalmasság és fenntarthatóság:** Az ilyen mérőállomások egyszerű szerkezetük miatt könnyen mozgathatók, karbantartásuk nem igényel különleges szaktudást, és helyi erőforrások felhasználásával is megvalósítható.
- **Használat egyszerűsége:** A manuális rendszerek nem igényelnek fejlett technológiai háttérismereteket, így a helyi közösségek tagjai vagy a vízügyi szakemberek könnyedén tudják őket használni és karbantartani.

A MANUÁLIS MÉRŐÁLLOMÁSOK KORLÁTJAI ÉS FEJLESZTÉSI IGÉNYEK

Miközben a manuális mérőállomások fontos szerepet töltenek be a magyarországi árvízvédelmi rendszerben, több jelentős kihívással is szembesülnek:

- **Pontosság és gyakoriság:** A manuális mérések megbízhatósága nagyban függ az adatrögzítés gyakoriságától és az emberi hibák minimalizálásától. Egy áradási helyzet gyorsan változó vízszintje esetén a pontosságot csak gyakori ellenőrzéssel lehet biztosítani, amely jelentős emberi erőforrást igényel.
- **Adatok késleltetése:** A mérések manuális módon történő rögzítése és továbbítása időigényes folyamat, amely különösen gyors reakciót igénylő árvízi helyzetekben hátrányt jelent.
- **Karbantartási szükségletek:** Az eszközök fizikai kiépítése és időszakos karbantartása elengedhetetlen a rendszer működőképességének fenntartásához. Az elhanyagolt mérőállomások könnyen megsérülhetnek vagy elmozdulhatnak, ami csökkenti a mérések megbízhatóságát.

A manuális mérőállomások korlátai miatt a korszerű árvízvédelmi stratégiákban gyakran kiegészítő eszközként alkalmazzák őket, például az automatizált monitoring állomások mellett, ahol ezek elérhetők.

JAVASLATOK A MANUÁLIS MÉRŐÁLLOMÁSOK INTEGRÁLÁSÁRA ÉS FEJLESZTÉSÉRE

A manuális mérőállomások jövőbeli fejlesztése és integrációja különösen a nehezen elérhető vízfolyások esetében lehet előnyös. Az alábbi fejlesztési irányok hozzájárulhatnak a manuális mérési rendszerek hatékonyságának javításához:

- **Adatgyűjtési és továbbítási folyamatok digitalizálása:** A digitális eszközök, például mobil alkalmazások vagy hordozható adatgyűjtő eszközök, lehetőséget adhatnak az adatok gyorsabb és pontosabb rögzítésére és közvetlen továbbítására egy központi adatbázisba.
- **Közösségi bevonás:** A helyi közösségek és önkéntesek képzése a mérési módszerek alapjairól segítheti az adatrögzítés gyakoriságának növelését, amely különösen hasznos lehet kisebb településeken vagy olyan helyeken, ahol korlátozott a szakmai kapacitás.

Automatizált rendszerekkel való kombináció: Az automatizált és manuális rendszerek kombinálása lehetőséget nyújt az árvízvédelmi hatékonyság növelésére, különösen azokban a térségekben, ahol a gyorsan változó vízszint miatt szükséges a valós idejű adatok gyűjtése.

3.2. VALÓS IDEJŰ VÍZSZINT-MONITORING RENDSZEREK ÉS KORLÁTAIK

A VALÓS IDEJŰ MONITORING RENDSZEREK SZEREPE

A valós idejű adatgyűjtés az árvízi védekezés alapja, hiszen az árhullámok gyors előrejelzése és az időben történő figyelmeztetések csak pontos, friss információkra építve lehetnek hatékonyak. A valós idejű vízszint-monitoring rendszerek lehetővé teszik a folyók és mellékfolyók vízszintjének folyamatos nyomon követését. Magyarországon a valós idejű adatok elérése a nagyobb folyók, mint a Duna és a Tisza mentén, valamint a gyakran

áradásokkal sújtott kisebb vízfolyások esetében egyaránt kritikus. A folyamatos adatgyűjtés révén a döntéshozók gyorsan reagálhatnak a hirtelen vízszint-emelkedésekre, minimalizálva ezzel az árvizek által okozott károkat. [8]

AUTOMATIZÁLT VÍZSZINT-MONITORING ÁLLOMÁSOK

Az automatizált vízszint-monitoring állomások a modern árvízvédelmi rendszerek kulcsfontosságú elemei, mivel lehetővé teszik a vízszint precíz és folyamatos figyelését. Ezek a rendszerek tipikusan az alábbi módon működnek:

- **Adatgyűjtés és továbbítás:** Az állomások ultrahangos vagy lézeres szenzorokat alkalmaznak a vízszint mérésére, majd az adatokat rádióhullámokon vagy mobilhálózaton keresztül egy központi adatbázisba továbbítják.
- **Éjjel-nappal elérhető adatok:** Az automatizált mérőrendszerek által biztosított folyamatos adatáramlás lehetőséget biztosít a döntéshozóknak arra, hogy valós idejű információk alapján gyorsan reagáljanak az áradásokra.
- **Adatgyűjtési pontosság:** A modern érzékelők pontos és megbízható adatokat szolgáltatnak még zavaros vagy gyorsan változó vízszintek esetén is, amely különösen hasznos a hirtelen áradások előrejelzésében.

A VALÓS IDEJŰ MONITORING RENDSZEREK ELŐNYEI

A valós idejű monitoring rendszerek több szempontból is előnyösek az árvízvédelemben:

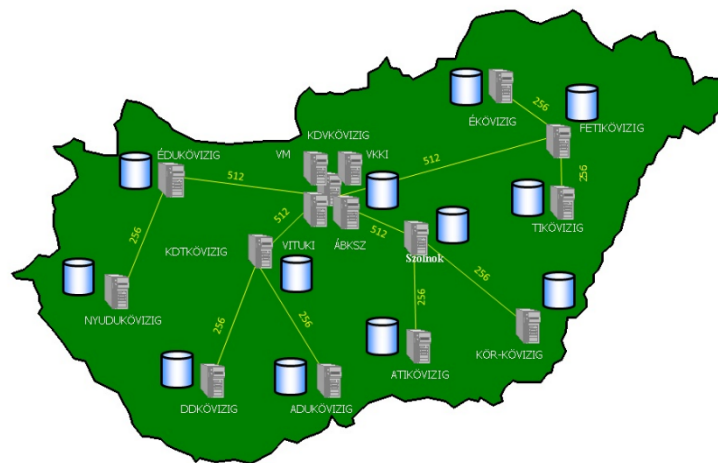
- **Pontosság és gyorsaság:** Az automatizált rendszerek jelentős előnye, hogy megszakítás nélküli adatgyűjtést biztosítanak, és így pontosabb képet adnak a folyók és mellékfolyók vízszintjének változásairól. A valós idejű adatok alapján a szakemberek időben figyelmeztethetik a lakosságot az áradásveszélyre.
- **Emberi erőforrás megtakarítása:** Mivel az adatok automatikusan továbbításra kerülnek, csökkenthető az emberi jelenlét szükségessége. Az állomások önállóan működnek, és az adatgyűjtési folyamatokat a központi irányítórendszer vezérli, így kevesebb szakembert kell a helyszínen alkalmazni.
- **Digitális adatarchiválás:** A valós idejű rendszerek révén a mérések digitális formában kerülnek rögzítésre, amely megkönnyíti az adatok tárolását, feldolgozását és hosszú távú elemzését. Az adatok későbbi visszakereshetősége segíti a vízhozamok változásainak hosszú távú vizsgálatát és az éghajlatváltozási hatások nyomon követését.

A VALÓS IDEJŰ MONITORING RENDSZEREK KORLÁTAI ÉS FEJLESZTÉSI IGÉNYEK

Bár a valós idejű monitoring rendszerek jelentős előrelépést jelentenek az árvízvédelemben, számos korlát is nehezíti hatékony alkalmazásukat:

- **Költségek és kiépítési nehézségek:** Az automatizált rendszerek telepítése, különösen a kisebb vízfolyások mentén, arányaiban magas költségekkel jár, és bizonyos területeken a technikai nehézségek is akadályozhatják a rendszer kiépítését. Az érzékelők és adatátviteli eszközök időszakos karbantartása további kiadásokkal jár, amely a kisebb önkormányzatok számára nehezen elérhető.

- **Környezeti kihívások és szenzorérzékenység:** Az érzékelők érzékenyek a szélsőséges környezeti hatásokra, például a jégzajlásra, a hordalékra és az áramlási sebesség változásaira. Az időjárás is befolyásolhatja az adatgyűjtés pontosságát, különösen, ha a vízben lebegő szennyeződések zavarják az érzékelők működését.
- **Adatbiztonsági és adatkezelési kihívások:** A valós idejű monitoring rendszerek nagy mennyiségű adatot generálnak, amelyeket hatékonyan kell tárolni és biztonságosan kezelni. A rendszerek kiberbiztonsági szempontból is kihívást jelenthetnek, mivel az érzékelők folyamatosan adatokat továbbítanak, amelyek a központi adatbázisban kerülnek feldolgozásra. Az adatvédelmi irányelvek betartása ezért elengedhetetlen.



Ábra 4.: adatközpontok [7]

FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK A VALÓS IDEJŰ MONITORING RENDSZEREK TOVÁBBFEJLESZTÉSÉRE

A valós idejű monitoring rendszerek fejlesztése és hatékonyságuk növelése érdekében több területen is szükséges fejlesztéseket végrehajtani:

- **Költséghatékonyabb szenzorok fejlesztése:** Az innováció és a technológiai fejlődés révén a jövőben várhatóan elérhetővé válnak olcsóbb és megbízhatóbb szenzorok, amelyek szélesebb körben lehetővé teszik a valós idejű monitorozás kiterjesztését. Ezen eszközök elérhetősége különösen a kisebb önkormányzatok számára jelenthet nagy előnyt.
- **Közösségi adathozzáférés és figyelmeztető rendszerek integrációja:** A valós idejű adatok megosztása a nyilvánossággal, például egy közösségi adatportálon keresztül, segítheti a lakosság figyelmeztetését és a veszélyhelyzetek gyors felismerését. A helyi közösségek és önkormányzatok ezáltal gyorsabban reagálhatnak az áradásveszélyre.
- **Szélsőséges időjárási viszonyokhoz alkalmazkodó rendszerek fejlesztése:** A jövőbeli fejlesztések irányát képezhetik olyan érzékelők és adatgyűjtő állomások, amelyek jobban ellenállnak a szélsőséges időjárási és környezeti hatásoknak. Az ilyen rendszerek biztosítanák a megbízható adatgyűjtést még a legszélsőségebb körülmények között is.

3.3. VALÓS IDEJŰ ADATGYŰJTÉS ESZKÖZEI

A valós idejű adatgyűjtés és -elemzés lehetőséget ad arra, hogy a szakemberek gyorsan reagáljanak a helyzetekre, és azonnali döntéseket hozzanak. A szenzorokkal ellátott monitoring állomások automatikusan rögzítik az adatokat, így minimális emberi beavatkozás szükséges. Ezen rendszerek teljesítményét tovább növelik a drónok, amelyekkel gyorsan és széles területen lehet adatokat gyűjteni, különösen akkor, ha a vízállás vagy a területi viszonyok gyorsan változnak., míg az MI rendszerek a begyűjtött adatok elemzésével segítik a kockázatértékelést és az előrejelzéseket. [9] [6]

- **IoT és Szenzorok:** Az IoT szenzorok hálózata a vízszint, hőmérséklet, vízminőség és áramlási sebesség folyamatos mérését biztosítja. Az érzékelők által gyűjtött adatokat egy központi adatbázisba továbbítják, amely a gyors helyzetértékeléshez elengedhetetlen. Az IoT eszközök további előnye, hogy olyan helyszínekre is telepíthetők, ahol a humán erőforrások minimálisak vagy nehezen megközelíthető a helyszín. Magyarországon a Duna és a Tisza mentén elhelyezett szenzorok kiterjedt hálózata biztosítja a valós idejű monitoringot. [10]
- **Drónok és Távoli Érzékelés:** A drónok magas felbontású felvételekkel és hőkamerás adatgyűjtéssel részletes képet adnak a veszélyeztetett területekről. A drónok alkalmazása lehetővé teszi az infrastruktúra állapotának gyors és hatékony felmérését, különösen a nehezen megközelíthető helyeken, ezáltal segítve a helyszíni döntéshozatalt. Ezek a drónok által gyűjtött adatok tovább frissítik a digital twin modelleket, és hozzájárulnak a pontosabb előrejelzésekhez. [12]

TÉRINFORMATIKMI RENDSZEREK (GIS)

A térinformatikai rendszerek (GIS) a valós idejű adatokat vizualizálják, térképekre vetítik, így segítik a kockázatértékelést és a mentési műveletek koordinálását. A GIS rendszerek központi szerepe az, hogy integrálják a különböző forrásokból – például szenzorokból, drónokból, digitális ikekből és az MI-ből – érkező adatokat, és ezt felhasználják a döntéshozatalban. [9]

- **Valós idejű térképes megjelenítés:** A GIS rendszerek a vízszint, csapadék, és egyéb hasonlóan fontos adatokat valós idejű térképekre vetítik, vizuálisan megjelenítve a kockázatos területeket. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság GIS rendszerei lehetővé teszik, hogy a helyi hatóságok pontosan nyomon kövessék az áradások terjedését, és ennek alapján döntsék el a szükséges védekezési lépéseket. [7]
- **Mobilitás-optimalizáció a mentési műveletekhez:** A GIS rendszerek által nyújtott útvonal-optimalizáció segíti a mentési csapatok gyors helyzetfelismerését és az erőforrások hatékony elosztását. Az MI és a GIS integrált használata lehetővé teszi, hogy a mentőcsapatok pontos, rövidebb útvonalakat válasszanak, ezáltal gyorsabban és biztonságosabban érhessék el a veszélyeztetett területeket.

DIGITÁLIS IKER TECHNOLOGIA ÉS 3D MODELLEZÉS

A digitális iker technológia (digital twin) a valós környezet virtuális másának létrehozása, amely pontosan leképezi a folyók, gátak és egyéb vízművek állapotát. A drónok által rögzített felvételek és az IoT szenzorok adatai révén lehetővé válik különböző szoftverekben a valós idejű szimulációk és előrejelzések elkészítését. [9]

- **Drónfelvételek és Szenzoradatok Integrációja:** A digitális iker technológia pontos adatokon alapul, amelyek a drónok és szenzorok folyamatos adatgyűjtéséből származnak. Ezek az adatok lehetővé teszik a vízművek és a folyók folyamatos nyomon követését és szimulációját, így a szakemberek valós idejű információk alapján hozhatnak döntéseket.
- **AR/VR Technológiák:** A digital twin modellek felhasználhatók az AR (Augmented Reality) és VR (Virtual Reality) technológiákon keresztül, amelyek lehetővé teszik a lakosság számára, hogy előre megismerkedjenek az árvízi veszélyekkel és a szükséges védekezési technikákkal. Az AR/VR alapú képzési modulok különösen fontosak a lakosság tájékoztatásában és oktatásában.

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALKALMAZÁSA

A mesterséges intelligencia (MI) rendszerek az árvízi előrejelzések, kockázatelemzés és gyors döntéshozatal szempontjából nélkülözhetetlenek. Az MI-algoritmusok képesek az időjárási előrejelzésekből származó nagy mennyiségű adat és a folyók korábbi vízszintváltozásait és a földrajzi adottságokat figyelembe véve olyan elemzésre amire legfeljebb csak nagy számú magasan képzett kockázatelemző lenne képes. Így pontos előrejelzéseket nyújtanak a becsült vízszint-emelkedés üteméről és a várható áradásokról. Ráadásul az MI rendszerek ezeket a számításokat jelentősen gyorsabban képesek elvégezni, mintha ugyanezeket a feladatokat emberi erővel próbálnánk elvégezni. [3]

- **Csapadék- és Vízszint-előrejelzés:** Az MI-alapú rendszerek a valós idejű adatokat és korábbi árvízi eseményekből származó adatokat elemzik, és pontos előrejelzéseket adnak a csapadék és vízszint alakulásáról. Magyarországon a nagyobb folyók mentén elhelyezett szenzorok adatait MI rendszerek elemzik, elősegítve a veszélyhelyzetek előrejelzését. [8]
- **Döntéstámogatás és kockázatelemzés:** Az MI elemzések támogatják a döntéshozatalt, különösen gyorsan változó helyzetekben. Az MI rendszerek integrálhatók a GIS adatokkal és digitális ikrekkel, így komplex elemzéseket nyújtanak, amelyek segítik a védekezési stratégia kialakítását. [8]

3.4.LAKOSSÁGI TÁJÉKOZTATÁS ÉS FIGYELMEZTETŐ RENDSZEREK

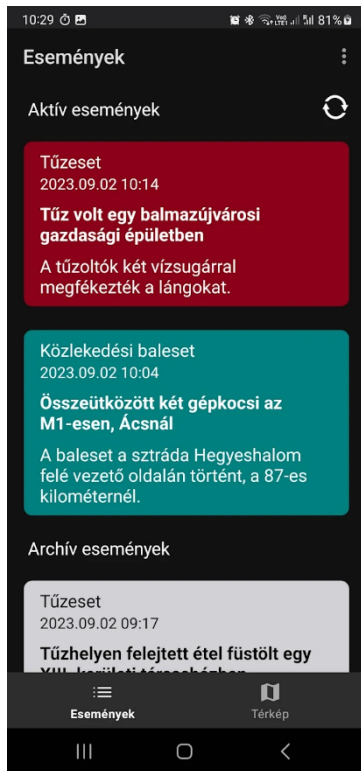
A lakosság gyors és pontos tájékoztatása alapvető fontosságú az árvízvédelemben. A geolokáció-alapú figyelmeztető rendszerek, például a Veszélyhelyzeti Értesítési Szolgáltatás (VÉSZ), azonnal értesítik a veszélyeztetett területeken élő lakosokat. Számos ország készített saját árvíz specifikus alkalmazást, ami segíti a polgárok életét ezekben a katasztrófa helyzetekben.

A figyelmeztető rendszerek hatékonyságát tovább növelik az MI-alapú előrejelzések és a GIS-rendszerek integrációja, amelyek lehetővé teszik a gyors reagálást a változó árvízi helyzetekre. Ezek az interaktív alkalmazások van, hogy nem csak figyelmeztetéseket küldenek, hanem oktatási modulokat is tartalmaznak, amelyek segítik a lakosság felkészülését az árvízi kockázatokra és a szükséges védekezési lépésekre. [10] [13]

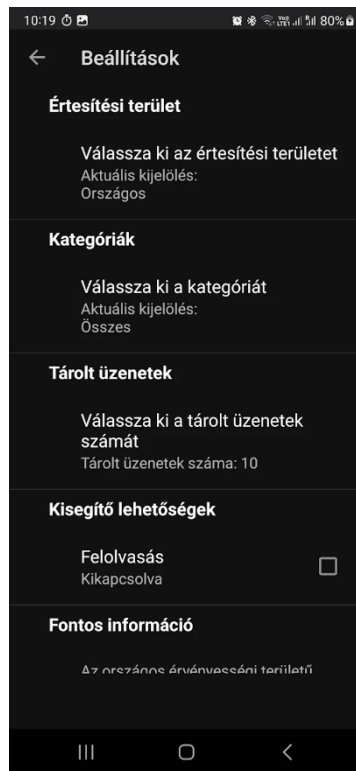
- **VÉSZ ALKALMAZÁS:** A VÉSZ mobilalkalmazás lehetővé teszi a lakosság számára, hogy valós idejű figyelmeztetéseket kapjanak. Az MI előrejelzések és a GIS rendszerek által megjelenített adatok alapján a VÉSZ célzott figyelmeztetéseket küld a veszélyeztetett területekre, hogy a lakosság időben értesüljön a veszélyekről. [10]
- **FEMA App (Egyesült Államok):** Az amerikai Szövetségi Vészhelyzet-kezelési Ügynökség (FEMA) mobilalkalmazása többek között árvízi helyzetekre készít fel. Az alkalmazás értesítéseket küld a helyi időjárási eseményekről, tartalmazza a túléléshez szükséges információkat, vészhelyzeti készlet összeállítási útmutatót, evakuálási terveket és közösségi központok elérhetőségeit. [14]
- **MyFloodRisk (Egyesült Királyság):** Ez az alkalmazás az Egyesült Királyságban működik, és lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy beazonosítsák, milyen árvízi veszélyek fenyegethetik őket. A térképes szolgáltatás valós idejű adatokat kínál, és oktatási tartalmakkal is ellátja a felhasználókat arról, hogy hogyan készüljenek fel egy esetleges árvízi eseményre. [15]
- **FloodMap Mobile (Globális):** Ez egy globálisan használható alkalmazás, amely árvízi előrejelzéseket és térképeket biztosít, segítve a veszélyeztetett területeken élőket a felkészülésben. Az alkalmazás különféle szimulációkat is kínál, amelyek bemutatják az árvizek potenciális kiterjedését, segítve a lakosokat a kockázatok megértésében és a megfelelő óvintézkedések megtételében. [16]
- **Flood Alert (Egyesült Királyság):** A Flood Alert alkalmazás folyamatosan frissített értesítéseket biztosít az Egyesült Királyság folyóin és vízgyűjtő területein tapasztalható áradásokról. Térképes nézetben mutatja a kockázatos területeket, és előrejelzéseket nyújt az árvizek kiterjedéséről, lehetőséget biztosítva a lakosoknak, hogy időben cselekedjenek. [17]
- **Ready for Rain (Ausztrália):** Ez az ausztrál alkalmazás segít a felhasználóknak a vészhelyzeti tervek elkészítésében, például, hogy hogyan állítsák össze a szükséges

túlélési készletet, milyen evakuálási útvonalakat használjanak, és hogyan készüljenek fel az árvizek és egyéb időjárási katasztrófák hatásaira.

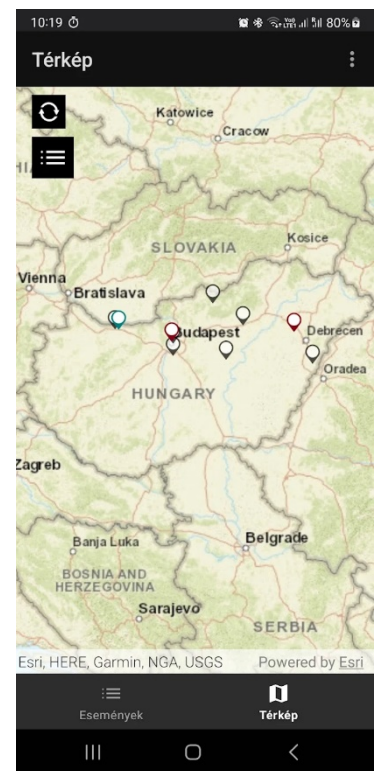
- **INTERAKTÍV MOBILALKALMAZÁSOK:** A modern mobilalkalmazások, amelyek AR/VR alapú képzési modulokat is tartalmaznak, segítenek a lakosság tájékoztatásában és felkészítésében. Az ilyen alkalmazások lehetővé teszik, hogy a lakosság gyakorlatias, valósághű képzéseken vegyen részt, így növelve a veszélyhelyzetekre adott válaszreakciók gyorsaságát.



Ábra 5.: VÉSZ események [18]



Ábra 6.: VÉSZ beállítás



Ábra 7.: VÉSZ ország

4. ESETTANULMÁNYOK: A 2013-AS ÉS A 2024-ES DUNA-ÁRVÍZ ÖSSZEHAISONLÍTÁSA

Az árvízi védekezés terén a technológia fejlődése egy évtized alatt jelentős változásokat eredményezett, különösen a 2013-as és a 2024-es Duna-árvíz kezelésében. Az új digitális eszközök, mint az IoT szenzorok, drónok, MI alapú előrejelzések és valós idejű térinformatikai rendszerek, alapvetően megváltoztatták a veszélyhelyzetek kezelését, és hatékonyabb, gyorsabb reagálást tettek lehetővé. A 2013-as árvízi események kezelésében még elsősorban a manuális adatgyűjtésre és hagyományos kommunikációs eszközökre támaszkodtak, míg a 2024-es árvíz során a digitalizált megfigyelési és figyelmeztetési rendszerek voltak a védekezés középpontjában.

4.1.VALÓS IDEJŰ ADATGYŰJTÉS ÉS SZENZORTECHNOLÓGIA FEJLESZTÉSE

A 2013-as árvíz idején a magyar árvízvédelmi hatóságok még nem rendelkeztek kiterjedt IoT szenzorhálózattal. A folyók vízszintjének mérése és a vízáramlás megfigyelése jellemzően manuális ellenőrzéseken alapult, ami időigényes és kevésbé hatékony módszer volt. A 2024-es árvíz során azonban az IoT szenzorhálózat biztosította a folyók, gátak és mellékfolyók folyamatos megfigyelését. Az érzékelők által gyűjtött adatok azonnal egy központi adatbázisba kerültek, lehetővé téve a valós idejű reagálást és a veszélyeztetett területek gyorsabb beazonosítását. Ennek köszönhetően a döntéshozók a helyzet változásait folyamatosan nyomon követhették, és azonnal meghozhatták a szükséges intézkedéseket. [7]

4.2.DRÓNOK ÉS DIGITÁLIS IKREK ALKALMAZÁSA

A 2013-as árvíz idején a dróntechnológia még gyerekcipőben járt, és nem volt integrálva az árvízi védekezési stratégiákba. Az infrastruktúra állapotának felmérése és a helyzet elemzése helyszíni vizsgálatokkal történt, ami lassabb és korlátozottabb volt. A 2024-es árvíz során azonban drónokat használtak a kritikus infrastruktúra és gátak állapotának folyamatos ellenőrzésére. A drónfelvételek és az IoT szenzorok adatai valós időben táplálták a digital twin (digitális iker) modelleket, amelyek lehetővé tették a folyók és gátak virtuális másának frissítését és szimulációját. [9]

A digital twin modellek nem csupán a döntéshozatalban játszottak szerepet, hanem elősegítették a mentési és védekezési műveletek hatékonyabb tervezését is. A digitális ikrek révén a veszélyeztetett területek virtuális képe állandóan frissült, amit a mentési csapatok AR és VR eszközökkel is megjeleníthettek, így gyorsabb és pontosabb döntéseket hozhattak. [4]

4.3.MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ÉS ELŐREJELZÉSI MODELLEK

A 2013-as árvízi események során az előrejelzések a korábbi évek csapadék- és vízszintadataira alapultak, és a döntéshozatali folyamat jelentős emberi beavatkozást igényelt. Az adatok elemzése lassabb volt, és az előrejelzések kevésbé bizonyultak pontosnak. A 2024-es árvíz során azonban a mesterséges intelligencia jelentős szerepet kapott a csapadék és vízszint előrejelzések terén. Az MI algoritmusok a valós idejű adatokat integrálták a korábbi árvízi események adataival, lehetővé téve a pontosabb és gyorsabb előrejelzéseket. Ennek köszönhetően a hatóságok a korábbiaknál sokkal pontosabban tudták megítélni a várható áradás mértékét és ütemét, és ennek megfelelően készülhettek fel a védekezésre. [18] [3]

4.4.TÉRINFORMATIKAI RENDSZEREK ÉS MOBIL FIGYELMEZTETŐ RENDSZEREK INTEGRÁCIÓJA [4]

A térinformatikai rendszerek szerepe szintén jelentősen változott a két esemény között. Míg 2013-ban a térképes megjelenítés és az adatelemzés nem történt valós időben, a 2024-es árvíz során a GIS rendszerek teljes körű integrációjának köszönhetően a valós idejű adatok folyamatosan frissültek. A veszélyeztetett területeket pontosan meg tudták jeleníteni a térképeken, így a védekezési stratégiák is pontosabbak és célzottabbak lettek.

A VÉSZ alkalmazás és más mobil figyelmeztető rendszerek is a technológiai fejlődésnek köszönhetően gyorsabb és célzottabb tájékoztatást biztosítottak a lakosságnak. A geolokáció-alapú értesítések 2024-ben már valós idejű MI elemzéseken alapultak, így a veszélyeztetett területeken élőket azonnal értesítették, amikor a helyzet változott. A lakosság így időben megtehetette a szükséges óvintézkedéseket, ami jelentősen csökkentette az árvíz okozta károk mértékét.

4.5.ÖSSZEGZÉS: A DIGITÁLIS TECHNOLÓGIÁK HATÁSA A VÉDEKEZÉSI HATÉKONYSÁGRA

A 2013-as és a 2024-es Duna-árvíz kezelése közötti különbségek rávilágítanak a digitális technológiák alkalmazásának fontosságára az árvízi védekezésben. Míg a 2013-as árvíz idején a lassabb adatgyűjtés, a kevésbé pontos előrejelzések és a korlátozott lakossági tájékoztatás hátráltatta a védekezési intézkedéseket, addig a 2024-es árvíz során a digitális eszközök integrációja lehetővé tette a gyors, pontos és célzott beavatkozásokat. A szenzorok, drónok, digitális ikrek, MI és mobil figyelmeztető rendszerek együttműködése nemcsak a döntéshozók, hanem a lakosság számára is egyértelműen észrevehetően javította a védekezés hatékonyságát.

5. POLGÁRI VÉDELMI SZERVEZETEK SZEREPE AZ ÁRVÍZI VÉDEKEZÉSBEN

Az árvízvédelem kiemelkedő fontossággal bír Magyarországon, ahol a Duna, a Tisza és más kisebb folyók rendszeres áradásai évről évre jelentős kihívások elé állítják a lakosságot és az infrastruktúrát. Az árvízi védekezés során a polgári védelmi szervezetek kiemelt szerepet töltenek be a lakosság védelmében, a helyzetek kezelésében, valamint a károk minimalizálásában. Az árvízi helyzetek gyors és hatékony kezelése nem csupán a hazai polgári védelmi szervezetek, hanem nemzetközi együttműködések révén nemzetközi szereplők összehangolt munkáját is igényli. [7]

5.1.AZ ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG (OKF) SZEREPE

Magyarországon a polgári védelmi feladatok ellátása és az árvízvédelem központi szervezése az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) feladata. Az OKF az árvízi védekezés minden szakaszában koordinálja a védekezési tevékenységeket, és felelős az árvizek elleni operatív intézkedések irányításáért. Kiemelt szerepet játszik a helyi hatóságokkal, a vízügyi igazgatóságokkal, a mentési csapatokkal és a helyi közösségekkel való együttműködésben. Az OKF munkájában meghatározóak az alábbi tevékenységek: [10]

- **KORMI FIGYELMEZTETÉSI ÉS TÁJÉKOZTATÁSI RENDSZER ÜZEMELTETÉSE:** Az OKF működteti a Veszélyhelyzeti Értesítési Szolgáltatást (VÉSZ), amely egy országos figyelmeztető rendszer. A rendszer célja, hogy valós időben értesítse a veszélyeztetett területeken élő lakosságot az árvízi helyzetekről és a szükséges óvintézkedésekről. A geolokáció-alapú értesítéseknek köszönhetően a figyelmeztetések célzottak és gyorsak, ami különösen fontos a hirtelen fellépő árvízi helyzetekben.
- **TÉRINFORMATIKAI RENDSZEREK ALKALMAZÁSA:** Az OKF a térinformatikai rendszereket (GIS) használja a kockázati zónák beazonosítására és a veszélyeztetett területek megjelenítésére. A GIS rendszerek lehetővé teszik a valós idejű adatok térképes megjelenítését, így a helyszínen dolgozó mentési csapatok naprakész információkhoz jutnak, és hatékonyan tervezhetik meg a szükséges beavatkozásokat.
- **KOORDINÁCIÓ ÉS ERŐFORRÁS-ELOSZTÁS:** Az OKF felügyeli a védekezési erőforrások elosztását az ország különböző pontjain. Ez magában foglalja a mentési eszközök, például szivattyúk és homokzsákok biztosítását, valamint a helyszínen dolgozó szakemberek és önkéntesek munkájának koordinálását. Az OKF a helyi önkormányzatokkal és a rendvédelmi szervekkel együttműködve osztja el az erőforrásokat, hogy minimalizálja az árvízi károkat.

5.2.NEMZETKÖZI SZERVEZETEK SZEREPE ÉS NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉS

A nemzetközi szervezetek, mint a Nemzetközi Vöröskereszt és az ENSZ Katasztrófa-értékelési és Koordinációs Csoportja (UNDAC), kulcsszerepet játszanak a nemzeti árvízvédelem támogatásában és a nemzetközi szinten szervezett árvízvédelmi tevékenységek összehangolásában. A nemzetközi szervezetek együttműködése különösen fontos a határokon átnyúló folyók mentén fekvő országok számára, ahol az árvizek több országot is érintenek. [11]

- **NEMZETKÖZI VÖRÖSKERESZT ÉS VÖRÖS FÉLHOLD TÁRSASÁGOK SZÖVETSÉGE:** A Vöröskereszt aktívan részt vesz a lakosság tájékoztatásában, a figyelmeztető rendszerek támogatásában és az önkéntesek képzésében. Az árvizek során a Vöröskereszt a helyi közösségekkel együttműködve segíti a veszélyeztetett lakosokat a védekezési tevékenységek végrehajtásában, biztosítva a szükséges ellátást és támogatást.
- **ENSZ UNDAC (UNITED NATIONS DISASTER ASSESSMENT AND COORDINATION):** Az UNDAC egy globális szervezet, amely az ENSZ keretében működik, és támogatást nyújt a katasztrófa sújtotta országoknak. Az UNDAC gyors reagálási és koordinációs képessége lehetővé teszi, hogy árvízi helyzetek esetén a nemzetközi segélycsapatok hatékonyan működjenek együtt a helyi hatóságokkal. Az UNDAC részt vesz a helyi szervezetek és hatóságok támogatásában, így biztosítva a gyors és összehangolt védekezést.

5.3.AZ EURÓPAI UNIÓ ÁRVÍZVÉDELMI PROGRAMJAI ÉS AZ EU-S EGYÜTTMŰKÖDÉS

Az Európai Unió (EU) közös árvízvédelmi programok és projektalapú támogatások révén segíti tagállamait az árvizek elleni védekezésben és a kockázatkezelésben. Az EU célja, hogy javítsa az árvízvédelmi infrastruktúra fejlesztését, támogassa a digitális technológiák bevezetését, és előmozdítsa a határokon átnyúló együttműködést. [11]

- **INTERREG PROGRAMOK:** Az EU Interreg programjai keretében a tagállamok közös projekteket indíthatnak az árvízvédelmi stratégiák és infrastruktúrák fejlesztésére. A program célja, hogy elősegítse a tagállamok közötti tapasztalatcserét és a legjobb gyakorlatok megosztását, különösen a határokon átnyúló áradások esetében. Az Interreg projektek hozzájárulnak a közös erőforrások és adatmegosztás biztosításához, valamint a határokon átvívelő árvízvédelmi intézkedések összehangolásához. [12]
- **EURÓPAI ÁRVÍZVÉDELMI DIREKTÍVA:** Az EU Árvízvédelmi Direktívája meghatározza azokat a kötelező irányelveket, amelyeket a tagállamoknak be kell tartaniuk a hatékony árvízvédelem biztosítása érdekében. A direktíva célja a kockázatok csökkentése, az előrejelzések pontosságának növelése és a lakosság tájékoztatása az árvízi veszélyhelyzetekről. [12] [11]

- **EU-S ADATMEGOSZTÁS ÉS ELŐREJELZŐ RENDSZEREK:** Az EU ösztönzi a tagállamok közötti adatmegosztást és a közös előrejelző rendszerek alkalmazását. Az olyan közös platformok, mint az EUMETNET és az EFAS (European Flood Awareness System) valós idejű adatokon alapuló előrejelzéseket biztosítanak, amelyek lehetővé teszik az árvízi helyzetek gyors felismerését és a figyelmeztetések célzott kiadását a veszélyeztetett területeken élők számára.

5.4.ESETTANULMÁNY: A 2013-AS ELBA ÁRADÁS – NEMZETKÖZI ÖSSZEFOGÁS ÉS TECHNOLÓGIA

A 2013-as Elba áradás kiváló példa arra, hogy a nemzetközi szervezetek és a digitális technológiák hogyan járulhatnak hozzá az árvízi védekezés hatékonyságához. Az Elba menti áradások során a német és cseh hatóságok mellett az ENSZ UNDAC és az Európai Unió is aktívan részt vett a védekezési munkálatokban. Az esemény tanulságai a következők voltak:

- **DIGITÁLIS TÉRINFORMATIKAI RENDSZEREK ALKALMAZÁSA:** A térinformatikai rendszerek és az áradási térképek segítségével a hatóságok valós időben figyelhették az árvízi helyzeteket. A térinformatikai adatok megosztása és elemzése lehetővé tette a veszélyeztetett területek azonosítását és a mentési műveletek gyors összehangolását. [4]
- **DIGITÁLIS IKER ÉS ELŐREJELZÉSI MODELLEK:** Az Elba áradás során alkalmazott előrejelzési modellek és a digitális iker technológia segítségével a hatóságok képesek voltak megtervezni a lehetséges védekezési lépéseket, előre jelezve a várható áradások hatásait. [3]
- **NEMZETKÖZI KOORDINÁCIÓ ÉS ADATMEGOSZTÁS:** Az Elba áradás során az európai országok közötti koordináció kulcsfontosságú volt, mivel az áradások több országot érintettek. Az EU és az UNDAC támogatása révén gyorsan és összehangoltan tudtak lépéseket tenni, ami jelentősen hozzájárult a károk minimalizálásához. [12]

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat bemutatta a digitális technológiák szerepét a magyarországi és nemzetközi árvízvédelemben, hangsúlyozva az innovatív eszközök és rendszerek fontosságát a gyorsabb, hatékonyabb védekezési műveletek biztosításában. Az elemzés rávilágított arra, hogy a modern eszközök, mint az IoT érzékelők, drónok, térinformatikai rendszerek (GIS) és mesterséges intelligencia, hogyan támogatják az árvízi helyzetek pontos felmérését és az időben történő beavatkozást. Az automatizált adatgyűjtő állomások révén a szakemberek valós időben nyerhetnek információkat a vízszintekről és csapadékmennyiségről, ami jelentősen javítja a döntéshozatal gyorsaságát és pontosságát. És habár a digitális eszközök integrációja az árvízi védelmébe jelentős költségekkel jár, katasztrófa helyzetben hatalmas segítséget nyújt a mentésben résztvevő személyeknek. Ezzel életeket és anyagi javakat lehet megmenteni, ami kifizetődővé teszi ezeknek a rendszereknek az alkalmazását.

Az elemzésből kiderül, hogy a digitális eszközök nemcsak a védekezési munkák hatékonyságát növelik, hanem hozzájárulnak a lakosság tájékoztatásához és a mentési erőforrások optimalizálásához is. Az új technológiák alkalmazása lehetővé teszi, hogy a katasztrófavédelmi szervezetek pontosabb előrejelzéseket készítsenek és célzottabb védelmi intézkedéseket hajtsanak végre, ezáltal minimalizálva az árvízi károkat. A dolgozat egyértelműen igazolja, hogy a digitális innovációk integrációja nemcsak Magyarországon, hanem globálisan is elengedhetetlen az árvízvédelmi stratégiák fejlesztéséhez és hatékony végrehajtásához.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] L. Balatonyi, „Magyarország kisvízfolyásainak árvizei,” *Belügyi Szemle*, %1. kötet70., %1. szám9., pp. 1907-1917, 2022.
- [2] K. Dobó, „A hazai árvízvédelmi stratégia főbb irányai,” *Műszaki Katonai Közlöny*, %1. kötet2., %1. szám29., pp. 133-144., 2019.
- [3] P. Ghorpade, L. Akash, A. Gadge, H. Chordiya, G. Gosavi, A. Mishra, B. Hooli, Y. S. Ingle és N. Shaikh, „Flood Forecasting Using Machine Learning: A Review,” in *ResearchGate*, 2021.
- [4] J. Dr. Szatmári, L. Dr. habil. Mucsi, L. Dr. habil. Nagyvárad, S. Dr. habil. Szabó, K. Dr. Barta, T. Dr. Bugya, S. Dr. Czigány, E. Dr. Pirkhoffer, A. Rábay, Z. Tobak, B. Dr. Leeuwen és M. Bartus, *Modellek a geoinformatikában*, Magyarország: TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1 Msc Tananyagfejlesztés, 2013.
- [5] S. Santoro, I. Pluchinotta, A. Pagano, P. Pengal, B. Cokan és R. Giordano, „Assessing stakeholders' risk perception to promote Nature Based Solutions as flood protection strategies: The case of the Glinščica river (Slovenia),” in *Elsevier ltd.*, 2018.
- [6] L. Pulvirenti, M. Chini, G. Boni és N. Pierdicca, „Use of SAR Data for Detecting Floodwater in Urban and Agricultural Areas: The Role of the Interferometric Coherence,” in *IEEE*, 2015.
- [7] Energetikai Minisztérium Országos Vízügyi Főigazgatóság, „VÍZÜGYI HONLAP,” Országos Vízügyi Főigazgatóság, 2013. [Online]. Available: <https://www.vizugy.hu>. [Hozzáférés dátuma: 12 10 2024].
- [8] C. Reuter és M.-A. Kaufhold, „Fifteen years of social media in emergencies: A retrospective review and future directions of crisis Informatics,” John Wiley & Sons Ltd, Németország, 2018.
- [9] C. Varga, *Dunai árvízmodellek pontosságának vizsgálata nagyfelbontású légifelvételek alapján*, Budapest, 2014.
- [10] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, „Katasztrófavédelem,” [Online]. Available: <https://www.katasztrofavedelem.hu/37/vesz>. [Hozzáférés dátuma: 29 szeptember 2024].
- [11] „Danube Commission,” [Online]. Available: <https://www.danubecommission.org/dc/en/publishing-activities/maps-of-the-danube/>. [Hozzáférés dátuma: 1 10 2024].

- [12] E. Commission, „European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations,” [Online]. Available: <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/>. [Hozzáférés dátuma: 12 október 2024].
- [13] European Environment Agency, „European Environment Agency,” [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/>. [Hozzáférés dátuma: 8 10 2024].
- [14] M. Diakakis, G. Priskos és M. Skordoulis, „Public perception of flood risk in flash flood prone areas of Eastern Mediterranean: The case of Attica Region in Greece,” in *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2018.
- [15] U.S. Department of Homeland Security, „FEMA,” [Online]. Available: <https://www.fema.gov/>. [Hozzáférés dátuma: 20 október 2024].
- [16] AB Risk Corporation Inc., „MyFloodRisk,” [Online]. Available: <https://myfloodrisk.org/>. [Hozzáférés dátuma: 2 november 2024].
- [17] FloodMap.net, „Flood Map,” 2020. [Online]. Available: <https://www.floodmap.net/>. [Hozzáférés dátuma: 22 október 2024].
- [18] Jacobs, „Flood Alert,” Jacobs Website, 2024. [Online]. Available: <https://www.floodalert.com/>. [Hozzáférés dátuma: 2 november 2024].
- [19] BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, „VÉSZ alkalmazás,” BM OKF, [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=org.rsoe.android.bm_okf_push&hl=hu. [Hozzáférés dátuma: 1 10 2024].
- [20] U. Wehn, M. Rusca és J. Evers, „Participation in flood risk management and the potential of citizen observatories: A governance analysis,” in *Elsevier Ltd.*, 2015.