

A magyar ivóvízhálózatok statisztikai értékelése a kritikus infrastruktúra-védelem keretében

Statistical Evaluation of Hungarian Drinking Water Networks within the Framework of Critical Infrastructure Protection

Orgoványi Péter
Nemzeti Közszerzői Egyetem, Vízstudományi Kar
tanársegéd
Email: orgovanyi.peter@uni-nke.hu
ORCID: 0000-0001-5349-2932 

Absztrakt:

A víziközmű-hálózatok a nemzeti létfontosságú infrastruktúra részét képezik, így állapotuk és működőképességük közvetlen hatással van a lakosság ellátásbiztonságára. Ezért fenntartásuk, folyamatos fejlesztésük és védelmük a kritikus infrastruktúra-védelem kiemelt feladatai közé tartozik. Elemzésem során a Központi Statisztikai Hivatal 1990–2023 közötti adatait használtam fel, és olyan kulcsindikátorokat vizsgáltam, mint a bekötési arány, az egy főre jutó vízfogyasztás, a háztartási fogyasztás aránya, a lakásonkénti hálózathossz és a csőtörési gyakoriság. A közműtől mutatók segítségével feltérképeztem a víz- és szennyvízcsatorna hálózatok kiépítettségének aránytalanságait is. Az eredmények azt mutatják, hogy bár az országos lefedettség magas, a hálózatok műszaki állapota komoly kihívásokat jelent. Az előregedett azbesztcement csőszakaszok, a növekvő csőtörési arány és a kiugróan magas hálózati veszteségek – amelyek egyes rendszerekben meghaladják a 60%-ot – sürgetik a célzott rekonstrukciós beavatkozásokat. A regionális elemzés során azonosított különbségek a katasztrófavédelmi tervezés szempontjából is relevánsak. A kutatás eredményei alapján javaslatokat fogalmaztam meg a víziközmű-ágazat stratégiai fejlesztésére, különösen a haviárhelyzetek megelőzése, a digitális monitoring rendszerek kiépítése és a vízbázisok védelme terén. A vizsgálat gyakorlati hasznosíthatósága révén közvetett módon támogathatja a kockázati mátrixok és ellenálló képességi tervek megalkotását.

Kulcsszavak: víziközmű-hálózat, ivóvízellátás, közműtől, hálózati veszteség, csőtörés, ellátásbiztonság

Abstract:

Water utility networks are part of the nation's critical infrastructure, meaning their condition and operational reliability directly impact the security of the population's supply. Therefore, their maintenance, continuous development, and protection are among the key tasks of critical infrastructure management. In my analysis, I utilised data series from the Hungarian Central Statistical Office, spanning the period from 1990 to 2023, to examine key indicators such as connection rate, per capita water consumption, the proportion of household consumption, network length per dwelling, and pipe break frequency. Using utility gap indicators, I also mapped the disparities in the development of water and wastewater networks. The results show that although national coverage is high, the technical condition of the networks poses significant challenges. Ageing asbestos-cement pipe sections, increasing pipe break rates, and exceptionally high network losses—exceeding 60% in some systems—urgently call for targeted reconstruction interventions. The regional differences identified in the analysis are also relevant for disaster management planning. Based on the findings, I formulated recommendations for the strategic development of the water utility sector, specifically in the areas of emergency prevention, digital monitoring system implementation, and water resource protection. Through its practical applicability, the study may indirectly support the development of risk matrices and resilience plans.

Keywords: water utility network, drinking water supply, utility gap, network loss, pipe break, supply security

1. BEVEZETÉS

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/2557 irányelve a kritikus szervezetek rezilienciájáról, valamint a 2008/114/EK tanácsi irányelv hatályaon kívül helyezéséről 2022. december 14-én került elfogadásra, és 2023. január 16-án lépett hatályba (a továbbiakban: CER irányelv). Az irányelv célja a kritikus szervezetek ellenálló képességének megerősítése és az egységes uniós szabályozás kialakítása. Ennek eredményeként megtörtént a hazai jogszabályi keretek felülvizsgálata, amelynek nyomán megszületett a 2024. évi LXXXIV. törvény a kritikus szervezetek ellenálló képességéről, valamint a 474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról.

Az új jogszabályi keretrendszerben meghatározásra kerültek azok az ágazatok és alágazatok, amelyek az alapvető szolgáltatások biztonságos működéséhez nélkülözhetetlenek. A víziközmű-hálózatok továbbra is az új szabályozás markáns elemét képezik, és kiemelten szerepelnek a kritikus infrastruktúra-védelem területén. A vízágyazaton belül az ivóvíz alágazat került nevesítésre, amely magában foglalja az emberi fogyasztásra szánt ivóvíz termelését, tárolását, ellátását és kezelését.

A kijelölt kritikus szervezeteknek kötelező Ellenálló Képességi Tervet készíteniük, amelynek egyik legfontosabb eleme a kockázatértékelési mátrix. Ebben a szervezeteknek fel kell térképezniük mindazokat a veszélyeket, amelyek veszélyeztethetik a működésüket, az ellátás biztonságát vagy a lakosság alapvető szolgáltatásokhoz való hozzáférését. A terv kidolgozásáért a szervezet vezetője és az ellenálló képességért felelős vezető közösen felelnek, míg annak hatóság felé történő megküldése a szervezet vezetőjének feladata.

A jelen publikációban bemutatott mutatók, például a csőtörési gyakoriság, a hálózati veszteségek, a bekötési arányok vagy a regionális eltérések, közvetlenül felhasználhatók a kockázati mátrix kitöltéséhez, hiszen számszerű alapot adnak a veszélyek valószínűségének és hatásának értékeléséhez. Mindez elősegíti a víziközmű-ágazatban a sérülékenységek azonosítását, a megelőző intézkedések megtervezését, valamint hozzájárul a kritikus infrastruktúra ellenálló képességének erősítéséhez és az ellátásbiztonság hosszú távú fenntartásához.

Magyarországon a közüzemi vízellátás szinte teljes körű, a hálózat hossza meghaladja a 92 000 km-t. A régebbi szakaszok azbesztcement, az újabbak KM-PVC csövekből épültek. [1] Az előregedés miatt nő a meghibásodások száma: 2012-ben 0,61, 2017-ben már 1,34 meghibásodás/km. [2]

A hálózati vízveszteség átlagosan 22%, ami évente 144 millió m³ vízveszteséget jelent, egyes térségekben akár 60%-ot is elérhet. [3] E problémák kezelését tovább nehezíti a hálózat túlméretezése számos térségben, ami a víz másodlagos minőségének romlásához vezethet, míg a nagyvárosi agglomerációkban, különösen Budapest környékén a csúcsidőszakokban a túlterhelés okoz ellátási nehézségeket. [4]

A jövőbeli fejlesztésekhez elengedhetetlen a hálózatok állapotának pontos ismerete. A MAVÍZ és az EurEau is hangsúlyozza a korszerűsítés, veszteségcsökkentés és digitalizáció fontosságát [2] [3]

Korábbi tanulmányunkban a csatornahálózatokat vizsgáltuk. [5] A víziközmű infrastruktúra állapotát átfogóan a vízellátó hálózat alapos megismerését követően tudjuk áttekinteni. Ezen rendszerek állapotának ismerete elősegíti a jövőbeni beavatkozások előkészítését, az esetleges havária helyzetek beavatkozásainak tervezését. [6]

1.1 Történeti áttekintés

Magyarország ivóvízellátó rendszerei hosszú történeti fejlődés eredménye, amely a római kori vízvezetékektől a modern közműhálózatokig ível. A rómaiak által épített vízvezetékek a kor technikai színvonalát messze meghaladó megoldásokat alkalmaztak. A rómaiak szigorúan védték vízvezetékeiket: a szenátus tiltott minden akadályozó építkezést, a szabályszegőket pénzbírsággal sújtották, melynek felét a feljelentő kapta. A vízvezetékek karbantartását külön személyzet végezte, amíg a római hatalom fennállt. Technikailag többnyire gravitációs rendszereket alkalmaztak. Nyomás alatti rendszereket is létrehoztak, amiket akár 12 bar nyomáson is képesek voltak üzemeltetni, de jellemzően a kedvezőtlenebb domborzatú területeken volt erre szükség. [7] Ezek a birodalom bukása után fokozatosan elpusztultak. A középkorban a vízellátás elsősorban a várak és udvarházak szükségleteit szolgálta, míg a városi lakosság számára a kutak és források jelentették az elsődleges vízforrást. [8]

A vízellátás modernizációja a 17. században kezdődött, de igazán jelentős fejlődés a 19. század második felében indult meg, amikor a kolerajárványok és az iparosodás sürgetővé tették a közegészségügyi fejlesztéseket. Az első korszerű vízvezeték 1800-ban épült Zólyomfaluban [8], míg Budapest első közműves vízellátó rendszere 1856-ban létesült. A pesti vízmű 1867-ben, a kolerajárvány hatására épült meg, a budai oldal pedig 1881-ben csatlakozott a rendszerhez, amely 1884-re vált egységgé. [9]

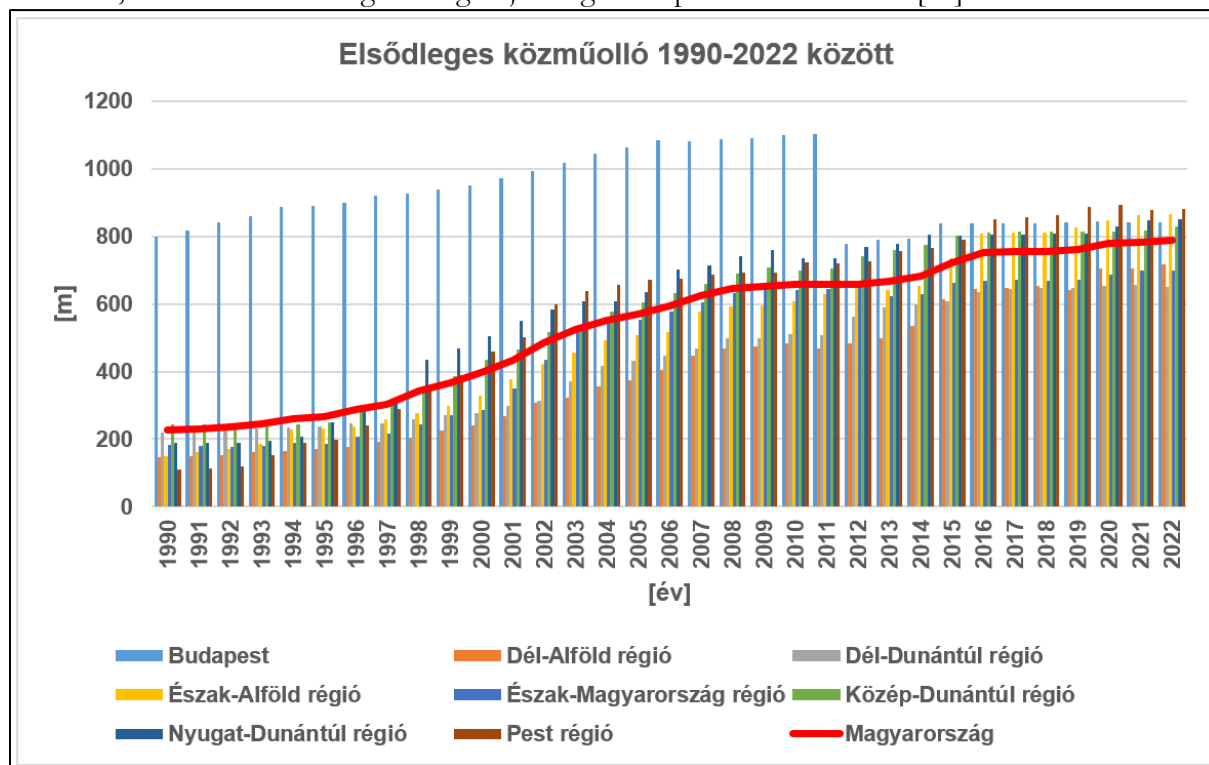
A 20. század elején a közkutak rendszere még kielégítette az igényeket, de a népességnövekedés és az urbanizáció szükségessé tette a házi bekötések és az elosztóhálózat bővítését. A vízművek tervezésében a német példák szolgáltak alapul, de a hazai viszonyokhoz igazították őket. A Közegészségügyi Mérnöki Osztály kulcsszerepet játszott a tervezésben és kivitelezésben, miközben az állami támogatás és a hidrogeológiai kutatások is elősegítették a fejlődést. Az első világháború után az ország közigazgatási és gazdasági szerkezete átalakult, új lehetőségek nyíltak a vízművek fejlesztésére. A második világháború azonban súlyos károkat okozott a vízellátó rendszerekben, különösen Budapesten, ahol a fővezetékek és hidak is megsemmisültek. A helyreállítás 1947-re nagyrészt befejeződött, de vidéken sok helyen még hosszabb ideig tartott az újjáépítés. [10]

A háború utáni időszakban bár a pénzügyi források szűkösek voltak, néhány városban jelentős beruházások valósultak meg. [11] Az 1950-es évektől az iparfejlesztés és az új ipari központok (pl. Dunaújváros) megnövekedett vízigénye újabb fejlesztéseket tett szükségessé. Az 1960-as évektől a rendszerváltásig tartó időszakban a gazdasági növekedés, az urbanizáció és az életminőség javulása ösztönözte a vízellátó rendszerek korszerűsítését. Az 1990-es évektől kezdve új vízművek épültek, korszerű technológiákat vezettek be, és regionális rendszereket kezdtek kialakítani. A vízminőség javítása érdekében modern vízkezelő műveket építettek, amelyek az eddigieknél is nagyobb kapacitással üzemeltek. A vízbázisok védelme és a kistérségi rendszerek kialakítása szintén kiemelt szerepet kapott, különösen az EU-csatlakozás után, amikor szigorúbb előírások léptek életbe. [10]

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) 1990 és 2023 közötti adatai alapján a vízellátó hálózat hossza 51 317 km-ről 67 876 km-re nőtt. A bekötött ingatlanok aránya 73%-ról 95%-ra emelkedett, a legnagyobb növekedés a Közép-Magyarországi régióban történt. Különösen 1993-ban tapasztalható kiugró érték az adatokban. [5] Az alábbi fejezetekben részleteiben vizsgálat alá kerülnek az egyes régiók. Első sorban fajlagos értékek számításával, hogy a különbségek kimutathatók legyenek és a területi arányok ne okozzanak torzítást.

1.2 Az utóbbi évtizedekben bekövetkező változások

A közműolló egy átfogó mutatópár, amely a víziközmű-hálózat fejlettségének vizsgálatára szolgál. Az elsődleges közműolló az ivóvíz- és szennyvízhálózat hosszának arányát, míg a másodlagos a bekötött lakások arányának különbségét méri. Ezek a mutatók lehetővé teszik az infrastruktúra tér- és időbeli összehasonlítását, valamint a közműellátottság komplex értékelését. A tág olló fejlettségi szakadékokat, a záródó olló pedig kiegyensúlyozott szolgáltatást jelez. Alkalmazásuk nemcsak technikai, hanem társadalmi-gazdasági fejlettségi szempontból is releváns [12]



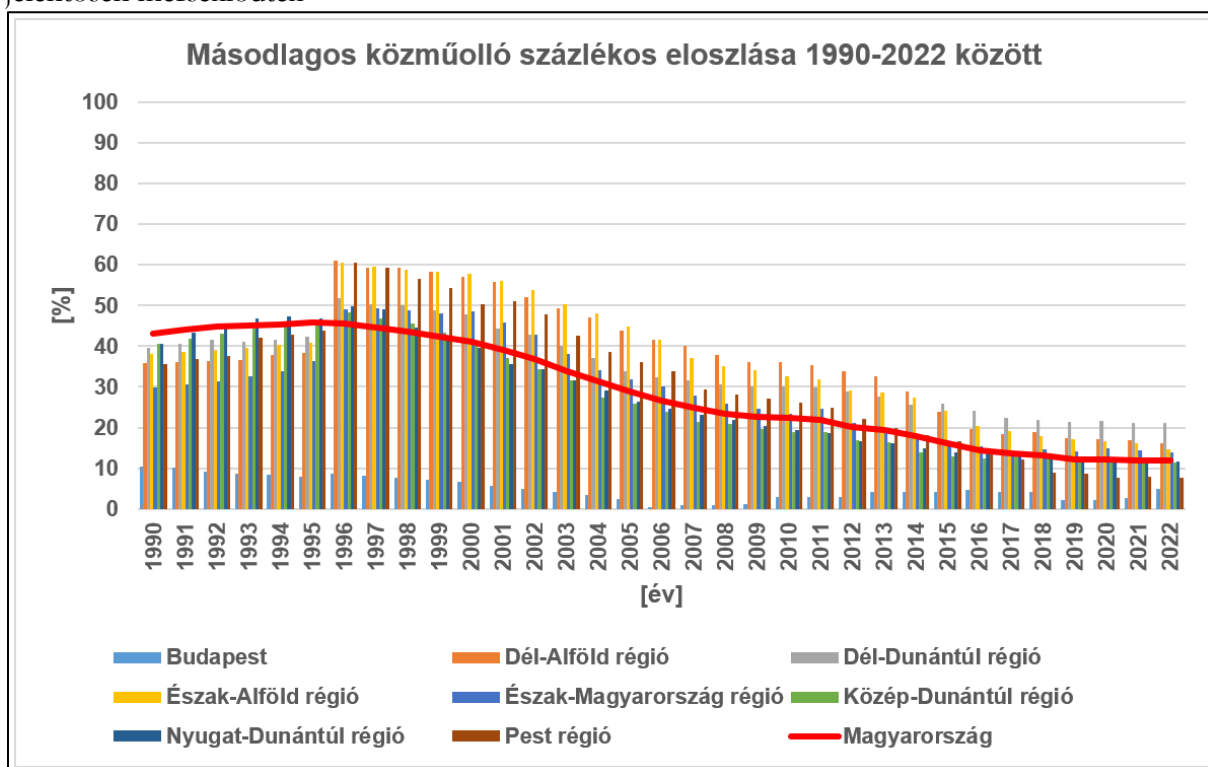
1. ábra - Elsődleges közműolló (1990-2022) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

Az elsődleges közműolló alakulása Magyarországon 1990 és 2022 között (1. ábra) egyértelmű fejlődési ívet mutat. Országosan az érték 1990-ben 228 méter volt, 2022-re pedig 789 méterre nőtt, ami több mint háromszoros emelkedés. Ez jól tükrözi, hogy a csatornahálózat bővítése felzárkózott az ivóvíz-ellátottsághoz. A legnagyobb növekedés a 2000-es évek elején történt, amikor az átlag 396-ról 657 méterre ugrott, részben az országos fejlesztési programoknak és uniós támogatásoknak köszönhetően. 2010 után a növekedés üteme mérséklődött. Regionálisan árnyaltabb a kép. Budapest már 1990-ben is kiugró, 800 méteres értékkel rendelkezett, ami az országos átlag több mint háromszorosa. 2011 után adatkorrekció vagy módszertani változás miatt visszaesés látszik, majd stabilizálódás következett. Pest régió 1990-ben még csak 111 méteren állt, 2022-re viszont elérte a 882 métert, ami a legdinamikusabb fejlődést jelenti. Észak-Alföld és Észak-Magyarország szintén jelentős növekedést mutatott: 150–180 méterről 650–860 méterre emelkedtek. A dunántúli térségek – különösen Nyugat- és Közép-Dunántúl – közepes induló értékekkel, de kiegyensúlyozottan fejlődtek, 800–850 méteres szintre. A Dél-Alföld 1990-ben még a legalacsonyabb értékkel bírt (145 méter), de 2022-re már 717 métert ért el. A legfrissebb adat szerint 2023-ban az országos érték 791 méter volt. [13]

Összességében az elsődleges közműolló az elmúlt három évtizedben fokozatosan záródott, vagyis a szennyvízhálózat kiépítettsége egyre inkább megközelíti az ivóvízhálózatét. Bár a regionális különbségek továbbra is fennállnak – Budapest és Pest régió a két véglet –, a területi egyenlőtlenségek mérséklődtek, és minden térség közelít a magas lefedettséghez.

A másodlagos közműolló alakulása Magyarországon 1990 és 2022 között (2. ábra) szintén markáns, de az elsődleges közműollóval ellentétes irányú trendet mutat. Országosan az érték 1990-ben 43,15 volt, 2022-re 11,91-re csökkent, ami azt jelzi, hogy a csatornahálózat egy lakásra jutó kiépítettsége fokozatosan közelített a vízhálózatéhoz. A legnagyobb csökkenés a 2000-es évek elején történt: 2000-ben még 41,04, 2010-re már csak 22,28 volt. 2020 után az érték stabilizálódott 12 körül. Regionálisan jelentős különbségek voltak a kiinduló értékekben, de mindenhol csökkenés figyelhető meg. Budapest már 1990-ben is alacsony, 10,4-es értékkel rendelkezett, ami a szinte teljes ellátottságot jelezte. 2005-re 2,29-re, 2010-re 2,92-re csökkent, majd 2–5 között stagnált. A vidéki térségek – Dél- és Észak-Alföld, valamint Pest régió – a kilencvenes évek közepén még 55–60 körüli értékeket mutattak, de 2022-re 15–17 közé csökkentek. A dunántúli régiók (Közép- és Nyugat-Dunántúl) 40–47-ről 11–12-re, Észak-Magyarország pedig 30 fölötti induló értékről 13,88-ra mérséklődött.

Összességében a másodlagos közműolló országos és regionális alakulása azt mutatja, hogy a szennyvízhálózat kiépítettsége lényegében felzárkózott az ivóvízellátáshoz. A legnagyobb javulás vidéken történt, míg Budapest végig alacsony értéket mutatott. A területi különbségek 2022-re jelentősen mérséklődtek.



2. ábra - Másodlagos közműolló (1990-2022) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

A következő alfejezetekben számos, a közműhálózatok jellemzésére használt fajlagos mutató meghatározása és elemzése történik meg.

1.2.1 Módszertan

A vizsgálat alapjául a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) hivatalos adatbázisából származó, a magyarországi települések, járások, vármegyék, régiók és az ország egészére vonatkozó, hitelesített közüzemi vízellátási statisztikai mutatókat használtam fel. Az elemzésben az alábbi indikátorok szerepeltek a megadott időbeli lefedettséggel:

- Állandó népesség (fő): 1990–2023
- Lakásállomány (db): 1990–2023
- Összes szolgáltatott vízmennyiség (1000m^3): 1990–2022
- Háztartásoknak szolgáltatott vízmennyiség (1000m^3): 1990–2022
- Közüemi ivóvízvezeték-hálózat hossza (km): 1990–2022
- Közüemi ivóvízvezeték-hálózatba bekapcsolt lakások (db): 1996–2022
- Csőtörések száma (db): 2012–2021

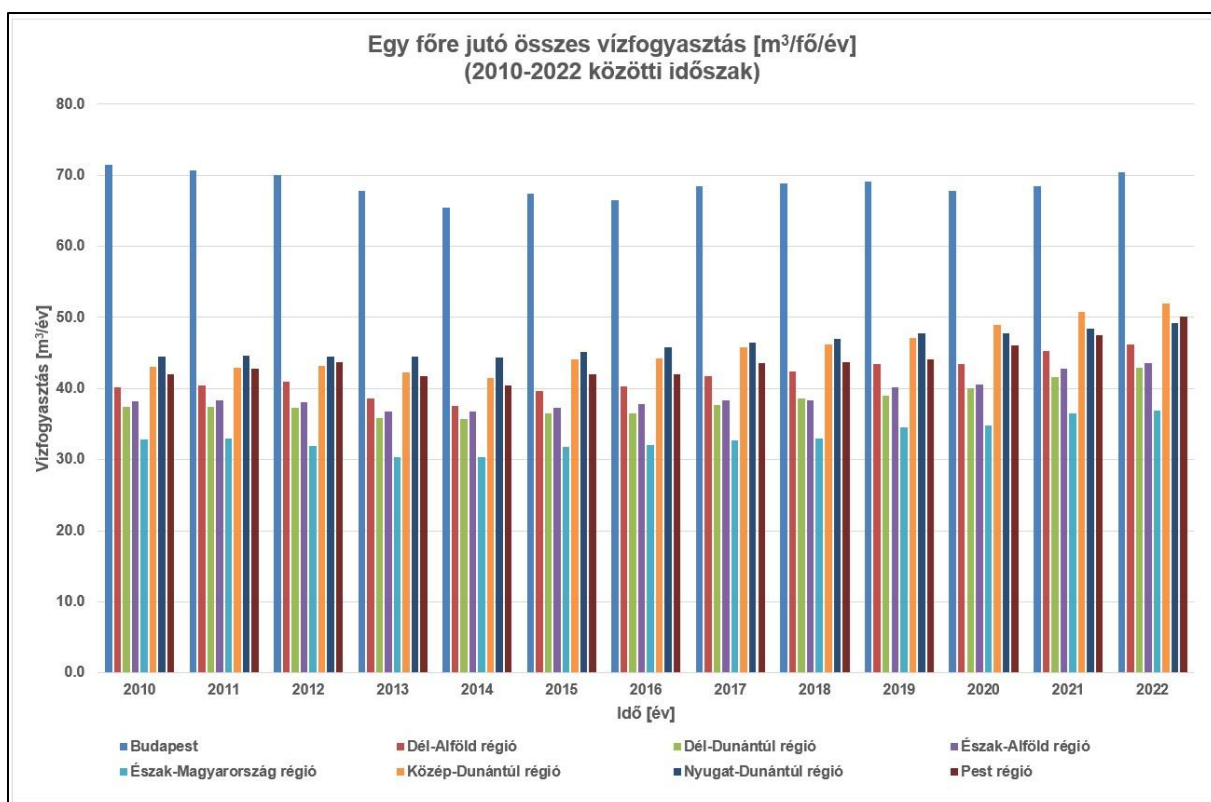
A vizsgált mutatók esetében a legkisebb közigazgatási egység a település, amelyből a KSH aggregálta az adatokat járási, vármegyei, regionális és országos szintekre. Ez a hierarchikus térbeli bontás lehetővé tette az infrastruktúra fejlettségének és a vízfogyasztási trendek több szintű összehasonlítását, valamint a területi egyenlőtlenségek feltárását.

Az adatok feldolgozása során adatminőségi ellenőrzést is végeztem. Egy kiugró, hibásnak tekinthető értéket azonosítottam: Gyula település 1995-ös vízfogyasztási adata $46\,359\,000\text{ m}^3/\text{év}$ volt, míg az előző és következő években $2\text{--}3$ millió $\text{m}^3/\text{év}$ körüli érték szerepelt. Mivel ez torzította a magasabb szintű aggregált adatokat, lineáris regressziós adatkiegészítést alkalmaztam, így a korrigált idősor jobban illeszkedik a valós trendekhez.

A publikáció terjedelmi korlátai miatt az elemzést regionális szinten kezdem, de figyelmet fordítok a járási és települési szinten megjelenő kiugró értékekre is. Ezek segítenek feltárni a régiós átlagok mögötti helyi sajátosságokat. Az infrastruktúra állapotát hazai viszonylatban jellemzően közvetett mutatók alapján lehet értékelni. Hasonló módszert alkalmaz Urrea-Mallebrera és munkatársai (2019) is, akik gazdasági mutatók – például eszközérték és fenntarthatósági index – segítségével vizsgálják egy spanyol vízbázis infrastruktúráját és annak várható hatásait. [14]

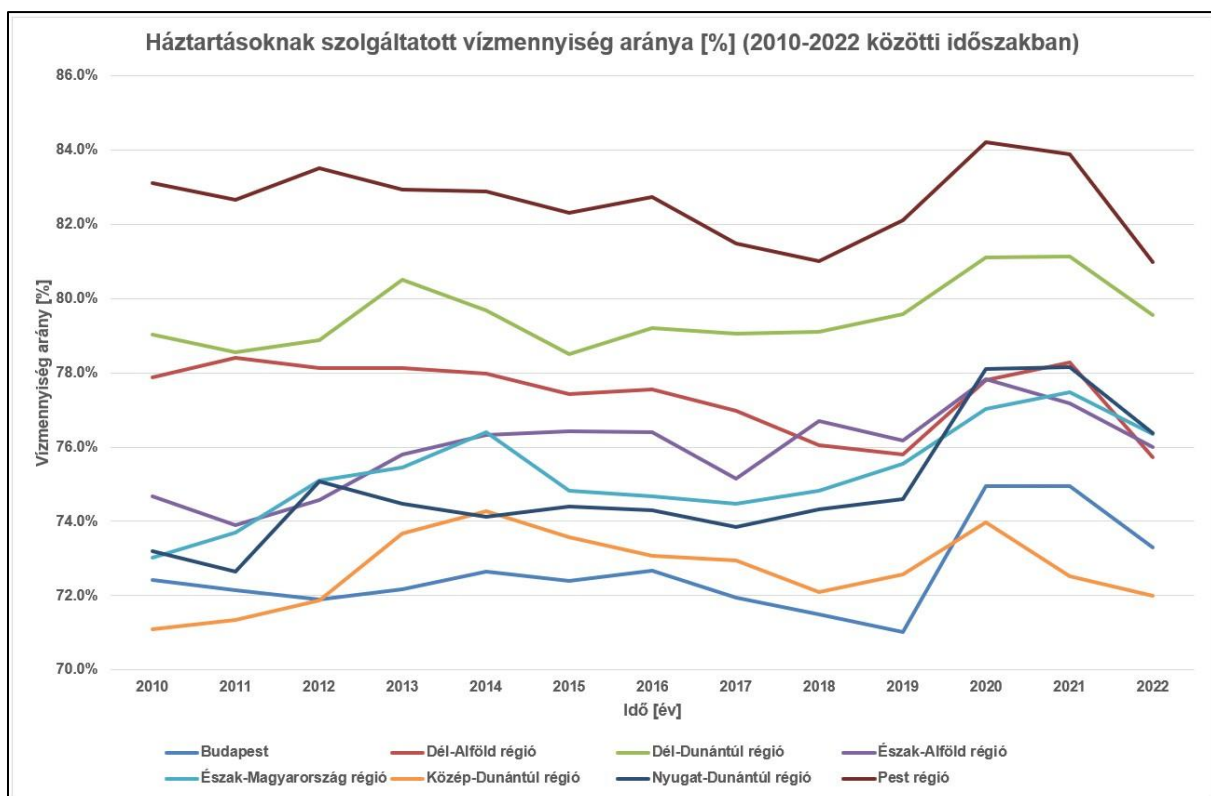
A **bekötési arány** (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) önmagában nem feltétlenül tükrözi a vízellátó hálózatra való rákötés tényleges változását, mivel a lakásállomány változása is befolyásolja az értéket. Ezért a mutató értelmezésekor szükséges más indikátorokkal együtt vizsgálni a folyamatokat.

Az **egy főre jutó összes vízfogyasztás** ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) számított mutatója jó támpontot ad a vízhasználati trendek megértéséhez, azonban önmagában nem mutatja meg a felhasználás szerkezetét (háztartási, ipari, mezőgazdasági arányokat). 2010-2022 közötti értékeit az 3. ábra szemlélteti.



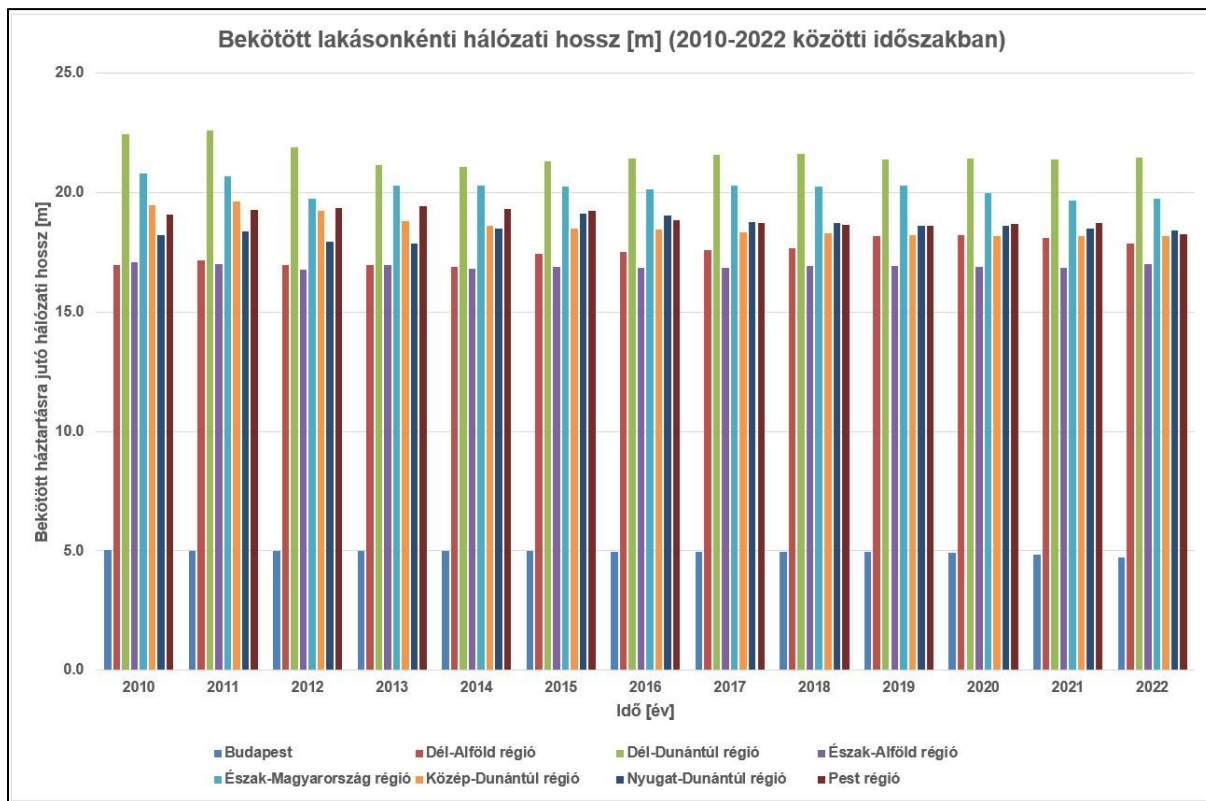
3. ábra - Egy főre jutó összes vízfogyasztás értéke [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

A **háztartási fogyasztás aránya** az összes szolgáltatott vízmennyiséghez képest szintén fontos indikátor, de értelmezését nehezíti, hogy a közületi, ipari és mezőgazdasági vízhasználat települési szinten jelentős ingadozást mutathat, ami regionális szinten már kevésbé érzékelhető. 2010-2022 között tapasztalható változásokat a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra- Háztartásoknak szolgáltatott vízmennyiség aránya [%] [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

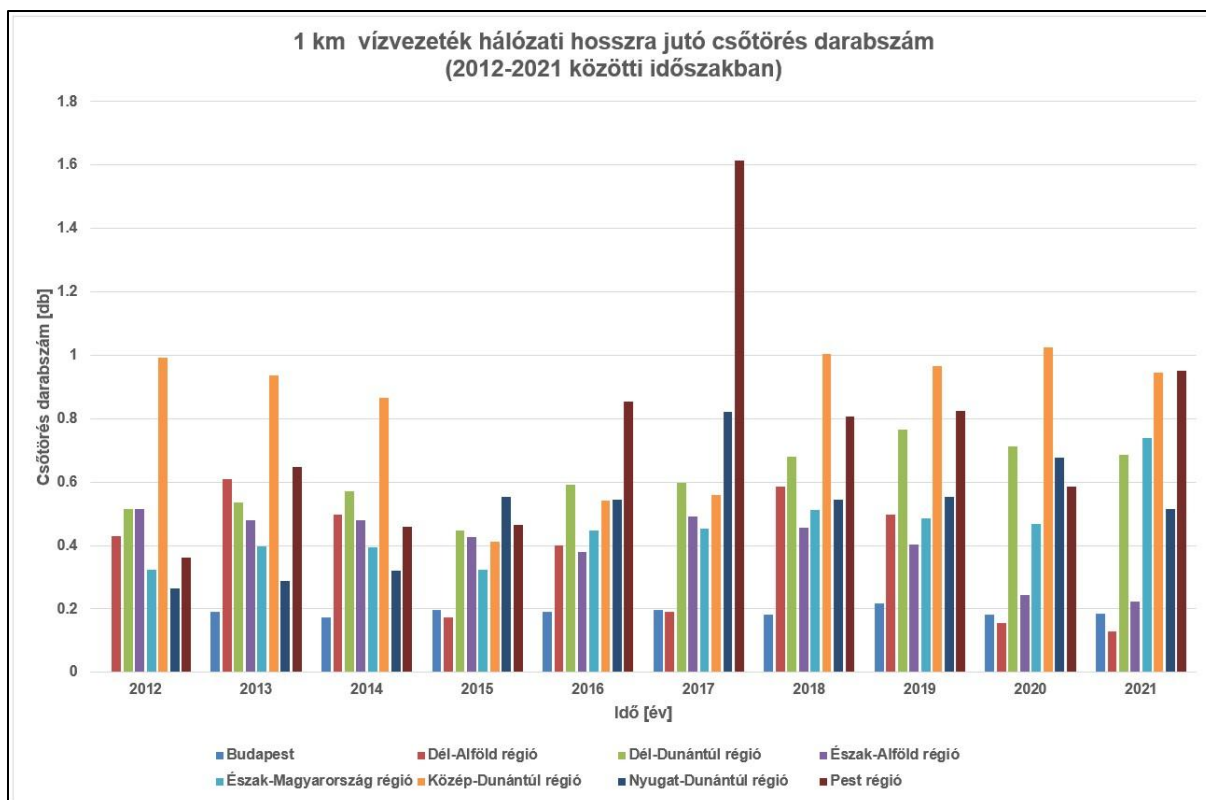
A **lakásonkénti hálózathossz** (m/bekötött lakás), mint fajlagos mutató, elsősorban a településszerkezet és a beépítési sűrűség függvénye. Magasabb beépítési sűrűség esetén a kiépítés és az üzemeltetés fajlagos költségei kedvezőbbek, míg ritkábban lakott térségekben a hálózat fajlagos hossza nagyobb lehet. 2010-2022 közötti időszak értékei regionális szinten értelmezve a 5. ábra alapján láthatók.



5. ábra - Bekötött lakásonkénti hálózati hossz [m] (2010-2022 közötti időszakban) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

A **csőtörések** összehasonlíthatósága érdekében normalizált mutatót alkalmaztam, amely az 1 km hálózati hossza jutó csőtörések számát (db/km/év) jelzi. A KSH adatbázisa csak a főnyomó- és elosztóvezetékek hibáit tartalmazza, így a házi bekötések nem szerepelnek benne. A mutató jól tükrözi a hálózat műszaki állapotát és az üzemeltetés minőségét, de értelmezésénél figyelembe kell venni a vezetékek korát, anyagát, a talajviszonyokat és a víznyomást is.

Fontos megjegyezni, hogy a statisztikai adatok korlátozottan állnak rendelkezésre. 2021-ben a 3155 település közül 949 nullás adattal szerepelt, ami adatminőségi problémákra utal. Más feldolgozások is hasonló hiányosságokat tapasztaltak [15] A regionális szintű, szemléltethető értékeket a 6. ábra mutatja be a 2012–2021 közötti időszakra.



6. ábra - 1 km vízvezeték hálózati hossza jutó csőtörés darabszám (2012-2021 között) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

1.2.2 Dél-Alföld régió

A Dél-Alföldi régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján az átlagnál kisebb növekedést mutatott a vizsgált időszakban: 1996–2022 között mindössze 1,9%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Bács-Kiskun, Csongrád-Csanád és Békés vármegye tartozik. Ezen területek közül Békés vármegyében történt a legnagyobb növekedés (8%), ezt követte Bács-Kiskun (4,3%), majd Csongrád-Csanád (2,1%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Mórahalmi járásban volt (98,9%), míg a legalacsonyabb a Gyomaendrődi járásban (78,9%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2014 között csökkenő tendenciát mutatott: $71,4 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $37,76 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2014). 2014 után azonban növekedés figyelhető meg, 2022-ben az érték $46,2 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Csongrád-Csanád vármegyében történtek: 1990–2014 között $41,1 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2014–2022 között $10,1 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés, így 2022-ben $48,2 \text{ m}^3/\text{év}$ értékkel a legmagasabb fogyasztási szintet képviselte a régió belül.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 75,7% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Bács-Kiskun: 75,2%
- Békés: 79,8%
- Csongrád-Csanád: 73,2%

A Dél-Alföldi régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között viszonylag stabilan, 16,6–18,2 m/lakás között alakult. A periódus elején enyhe növekedés volt (1996: 16,6 → 2000: 17,3), majd 2000–2010 között stagnálás, 2018–2020-ban maximum (18,2), 2022-re mérsékelt csökkenés (17,8) következett.

Országos viszonylatban a régió a középmezőnybe tartozik: meghaladja Budapest alacsony értékeit (4,7–5,4), de elmarad Pest (18,3–23,1) és Dél-Dunántúl (20,1–22,7) magasabb mutatóitól. Ez jól tükrözi a régió mérsékelt beépítési sűrűségét.

Vármegyei bontásban jelentős eltérések láthatók. Békés tartósan a régiós átlag felett helyezkedik el (2000-es évek: ~21 m/lakás), 2010 után enyhe csökkenéssel, de továbbra is magas értékekkel. Bács-Kiskun fokozatos növekedést mutatott, 2019-től kiugró emelkedéssel, 2020-ban meghaladva a 20 m/lakás értéket. Csongrád-Csanád viszont végig a régiós átlag alatt maradt (13–14,6 m/lakás), ami a nagyobb településsűrűséget és kedvezőbb hálózati adottságokat jelzi. Ezek az eltérések megerősítik, hogy a vármegyei szintű vizsgálat fontos kiegészítése a regionális elemzésnek.

A Dél-Alföldi régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között jelentős ingadozást mutatott, 0,13–0,61 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb érték 2013-ban (0,61), a legalacsonyabb 2021-ben (0,13) fordult elő. A változások mögött főként vármegyei eltérések állnak: Bács-Kiskunban 2018-ban kiugróan magas érték (1,11) jelentkezett, míg más években alacsonyabb szintek voltak jellemzők. Békés vármegye adatai stabilabbak, 0,2–0,94 között mozogtak. Csongrád-Csanád 2012–2013-ban magasabb értékeket mutatott (1,00 és 0,93), majd 2015-re 0,04-re esett vissza. A régió 258 településéből 123 esetében nem áll rendelkezésre csőtörés adat, ezért a települési szintű vizsgálat nem megalapozott, és a magasabb közigazgatási szintek értelmezésénél ezt figyelembe kell venni.

1.2.3 Dél-Dunántúl régió

A Dél-Dunántúl régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban kisebb növekedést mutatott: 1996–2022 között mindössze 2,0%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Baranya, Somogy és Tolna vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Tolna vármegyében történt (5,2%), míg a legkisebb Baranya vármegyében (0,4%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Bonyhádi járásban volt (99,5%), míg a legalacsonyabb a Mohácsi járásban (83,7%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $65,5 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $34,1 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $43,0 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Baranya vármegyében történtek: 1990–2013 között $31,4 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $8,9 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 79,7% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Baranya: 79,5%
- Somogy: 79,4%
- Tolna: 79,9%

A Dél-Dunántúl régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil, enyhén növekvő trendet mutatott, 20,1 és 22,7 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 21,5 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió fajlagos értékei a legmagasabbak közé tartoznak, lényegesen meghaladják a sűrűn beépített Budapest régió alacsony értékeit (4,7–5,4 m/lakás), és hasonlóan magasak, mint Pest régióban (18,3–23,1 m/lakás). A többi dunántúli régióhoz képest is kiemelkedő értékek jellemzik, ami a régió szórt településszerkezetére utal. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Baranya: 20,0 m/lakás (enyhén növekvő, majd stagnál)
- Somogy: 23,9 m/lakás (tartósan magas, a periódus közepén tetőzik, majd stabilizálódik)
- Tolna: 20,3 m/lakás (stabil, kisebb hullámzásokkal)

A Dél-Dunántúl régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,52 és 0,76 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2019-ben fordult elő (0,76 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,52 db/km). A vármegyék közötti eltérések jelentősek:

- Somogy vármegye: a legmagasabb érték 2020-ban (1,02 db/km), és az évek többségében is a legmagasabb régiós szintek jellemzőek.
- Baranya vármegye: stabilabb, alacsonyabb értékek, legalacsonyabb 2015-ben (0,30 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés csak korlátozottan megalapozott, mivel a régió 656 településéből 132 esetében nem áll rendelkezésre csőtörés adat, ezért a régiós és vármegyei átlagokat ennek figyelembevételével kell értelmezni.

1.2.4 Észak-Alföld régió

Az Észak-Alföld régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban az országos átlagnál nagyobb növekedést mutatott: 1996–2022 között 7,1%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok és Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében történt (11,1%), míg a legkisebb Hajdú-Bihar vármegyében (3,3%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Nyírbátori járásban volt (99,8%), míg a legalacsonyabb a Berettyóújfalui járásban (64,6%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2014 között csökkenő tendenciát mutatott: $64,6 \text{ m}^3/\text{év-ről}$ (1990) $36,8 \text{ m}^3/\text{év-re}$ (2014). 2014 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $43,6 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Hajdú-Bihar vármegyében történtek: 1990–2014 között $28,2 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2014–2022 között $7,1 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 76,9% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Hajdú-Bihar: 73,4%
- Jász-Nagykun-Szolnok: 77,5%
- Szabolcs-Szatmár-Bereg: 77,8%

Az Észak-Alföld régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil trendet mutatott, 16,6 és 18,3 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 17,0 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnybe tartozik: fajlagos értékei jóval meghaladják Budapest alacsony mutatóit (4,7–5,4 m/lakás), de elmaradnak a dél-dunántúli és Pest régió kiemelkedően magas értékeitől. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Hajdú-Bihar: 14,0 m/lakás (tartósan alacsony, stabil)
- Jász-Nagykun-Szolnok: 18,0 m/lakás (közepesen magas, stabil)
- Szabolcs-Szatmár-Bereg: 19,5 m/lakás (magasabb, enyhén hullámzó, stabil)

Az Észak-Alföld régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,07 és 0,71 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2017-ben fordult elő (0,71 db/km), míg a legalacsonyabb 2021-ben (0,07 db/km). A vármegyék közötti eltérések jelentősek:

- Jász-Nagykun-Szolnok vármegye: a legmagasabb csőtörési arány 2012-ben (0,92 db/km).
- Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye: a legalacsonyabb érték 2021-ben (0,07 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés korlátozottan megbízható, mivel a régió 391 településéből 157 esetében nem áll rendelkezésre csőtörés adat, ezért a régiós és vármegyei átlagokat ennek figyelembevételével kell értelmezni.

1.2.5 Észak-Magyarország régió

Az Észak-Magyarország régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban az országos átlagnál nagyobb növekedést mutatott: 1996–2022 között 8,8%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves és Nógrád vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyében történt (11,1%), míg a legkisebb Heves vármegyében (6,7%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Bátonyterenyi járásban volt (99,6%), míg a legalacsonyabb a Mezőkövesdi járásban (78,9%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2014 között csökkenő tendenciát mutatott: $67,4 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $30,3 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2014). 2014 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $36,8 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyében történtek: 1990–2014 között $37,0 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2014–2022 között $5,2 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 76,7% volt. A vármegyek közötti eltérés kismértékű:

- Borsod-Abaúj-Zemplén: 76,2%
- Heves: 74,7%
- Nógrád: 80,4%

Az Észak-Magyarország régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil, enyhén csökkenő trendet mutatott, 19,6 és 21,5 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 19,7 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnyben helyezkedik el: jelentősen meghaladja Budapest alacsony fajlagos mutatóit ($4,7\text{--}5,4 \text{ m/lakás}$), de elmarad a legmagasabb dél-dunántúli és pest régiós értékektől. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Borsod-Abaúj-Zemplén: 18,4 m/lakás (enyhén csökkenő, stabil)
- Heves: 18,5 m/lakás (enyhén növekvő, stabil)
- Nógrád: 26,1 m/lakás (magas, hullámszó, enyhén csökkenő)

Az Észak-Magyarország régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,25 és 0,89 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2021-ben fordult elő (0,89 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,25 db/km). A vármegyek közötti eltérések jelentősek:

- Borsod-Abaúj-Zemplén vármegye: a legmagasabb érték 2021-ben (0,89 db/km).
- Nógrád vármegye: a legalacsonyabb érték 2014-ben (0,25 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés pontossága korlátozott, mivel a régió 618 településéből 120 esetében hiányoznak csőtörési adatok, ezért a magasabb szintű átlagokat ennek figyelembevételével kell értelmezni.

1.2.6 Közép-Dunántúl régió

A Közép-Dunántúl régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban kisléptékű növekedést mutatott: 1996–2022 között mindössze 1,4%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Fejér, Komárom-Esztergom és Veszprém vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Fejér vármegyében történt (2,7%), míg a legkisebb Veszprém vármegyében (-0,8%). A negatív érték előfordulhat, ha a lakásépítés és a közműbekötés, illetve ezek bejelentése eltérő időpontban történik. A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Devecseri járásban volt (99,9%), míg a legalacsonyabb a Kisbéri járásban (86,4%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $92,0 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $41,5 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $51,9 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Komárom-Esztergom vármegyében történtek: 1990–2013 között $61,8 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $14,3 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 71,3% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Fejér: 77,7%
- Komárom-Esztergom: 63,2%
- Veszprém: 73,2%

A Közép-Dunántúl régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil, enyhén csökkenő trendet mutatott, 18,2 és 20,3 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 18,2 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnyben helyezkedik el: jelentősen meghaladja Budapest alacsony fajlagos mutatóit ($4,7\text{--}5,4 \text{ m/lakás}$), de elmarad Dél-Dunántúl, Pest és Nógrád magasabb értékei mögött. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Fejér: 17,6 m/lakás (enyhén csökkenő, stabil)
- Komárom-Esztergom: 15,4 m/lakás (csökkenő, stabilizálódó)
- Veszprém: 21,1 m/lakás (enyhén csökkenő, tartósan magas)

A Közép-Dunántúl régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,31 és 2,45 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2012-ben fordult elő (2,45 db/km), míg a legalacsonyabb 2015-ben (0,31 db/km). A vármegyei különbségek jelentősek:

- Komárom-Esztergom vármegye: a legmagasabb és leginkább ingadozó értékekkel, 2012-ben elérte a 2,45 db/km-t, más években jelentős csökkenést és emelkedést mutatva.
- Fejér és Veszprém vármegyék: alacsonyabb és stabilabb értékekkel, jellemzően 0,34–0,67 db/km között.

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés csak korlátozottan megalapozott, mivel a régió 404 településéből 88 esetben nem áll rendelkezésre csőtörési adat.

1.2.7 Nyugat-Dunántúl régió

A Nyugat-Dunántúl régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban mérsékelt növekedést mutatott: 1996–2022 között 1,3%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Győr-Moson-Sopron vármegyében történt (1,4%), míg a legkisebb Zala vármegyében (-1,4%). A negatív érték előfordulhat, ha a lakásépítés és a közműbekötés, illetve ezek bejelentése eltérő időpontban történik. A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Győri járásban volt (99,2%), míg a legalacsonyabb a Nagykanizsai járásban (72,6%). Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $73,9 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $44,5 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $49,2 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Győr-Moson-Sopron vármegyében történtek: 1990–2013 között $29,4 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $4,7 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 76,3% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Győr-Moson-Sopron: 76,8%
- Vas: 75,1%
- Zala: 76,9%

A Nyugat-Dunántúl régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil trendet mutatott, 17,6 és 18,6 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 18,4 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnyben helyezkedik el: meghaladja Budapest alacsony értékeit (4,7–5,4 m/lakás), ugyanakkor elmarad a dél-dunántúli, pest és nógrádi magasabb értékektől. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Győr-Moson-Sopron: 16,3 m/lakás (stabil, alacsonyabb)
- Vas: 18,1 m/lakás (stabil, közepes)
- Zala: 22,4 m/lakás (magas, növekvő)

A Nyugat-Dunántúl régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó tendenciát mutatott, 0,10 és 1,21 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2016-ban fordult elő (1,21 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,10 db/km). A vármegyék közötti eltérések jelentősek:

- Vas vármegye: a legmagasabb csőtörési arány 2016-ban (1,21 db/km), és általában ingadozó értékek jellemezték.
- Zala vármegye: viszonylag alacsonyabb és stabilabb értékekkel (0,16–0,64 db/km).
- Győr-Moson-Sopron vármegye: közepes szinteken ingadozott (0,15–0,99 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés megbízhatósága korlátozott, mivel a régió 658 településéből 304 esetében hiányoznak csőtörési adatok.

1.2.8 Pest régió

A Pest régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban a többi régióhoz képest kiemelkedően nagy növekedést mutatott: 1996–2022 között 12,3%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba ezen elemzés alapján Pest vármegye tartozik, a Budapestre vonatkozó adatokat külön kezeltem. A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Szobi járásban volt (99,7%), míg a legalacsonyabb a Gödöllői járásban (71,0%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $60,4 \text{ m}^3/\text{év-ről}$ (1990) $41,8 \text{ m}^3/\text{év-re}$ (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $50,1 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A változás mértéke: 1990–2013 között $18,6 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $8,3 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya Pest vármegyében 2022-ben 81,0% volt, ami jelzi, hogy a vízfogyasztás legnagyobb része közvetlenül a háztartásokhoz kötődik a térségben.

A Pest régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között csökkenő trendet mutatott, 18,3 és 23,1 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 18,3 m/lakás volt. Országos összevetésben a Pest régió fajlagos mutatói a legmagasabbak közé tartoznak: messze meghaladják a budapesti alacsony értékeket (4,7–5,4 m/lakás) és a többi régió középértékeit is, ami a régió mérsékelt beépítési sűrűségét és településszerkezetét tükrözi.

A Pest régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,36 és 1,61 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2017-ben fordult elő (1,61 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,36 db/km). A régió egyetlen vármegyéje, Pest, jelentős ingadozást mutatott, kiemelkedően magas értékkel 2017-ben. Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés megbízhatósága korlátozott, mivel a régió 188 településéből 26 esetében nem áll rendelkezésre csőtörési adat.

1.2.9 Budapest

A Budapest régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban kisebb növekedést mutatott: 1996–2022 között mindössze 3,1%, míg az országos átlag 4,8% volt. A vizsgált területen belül az adatok alapján nem volt lehetőség kerületi szintű elemzés végezni. Az alacsony növekedési érték részben azzal magyarázható, hogy a vizsgálat kezdetén is magas bekötési aránnyal rendelkezett a terület (1990-ben 95,8%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $156,6 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $67,7 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban mérsékelt növekedés következett, 2022-ben az érték $70,4 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A változás mértéke: 1990–2013 között $88,8 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $2,7 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a Budapest régióban 2022-ben 73,3% volt, ami azt mutatja, hogy a vízfogyasztás túlnyomó részét a fővárosban is a háztartások adják, ami jelentős tényező a városi vízgazdálkodásban.

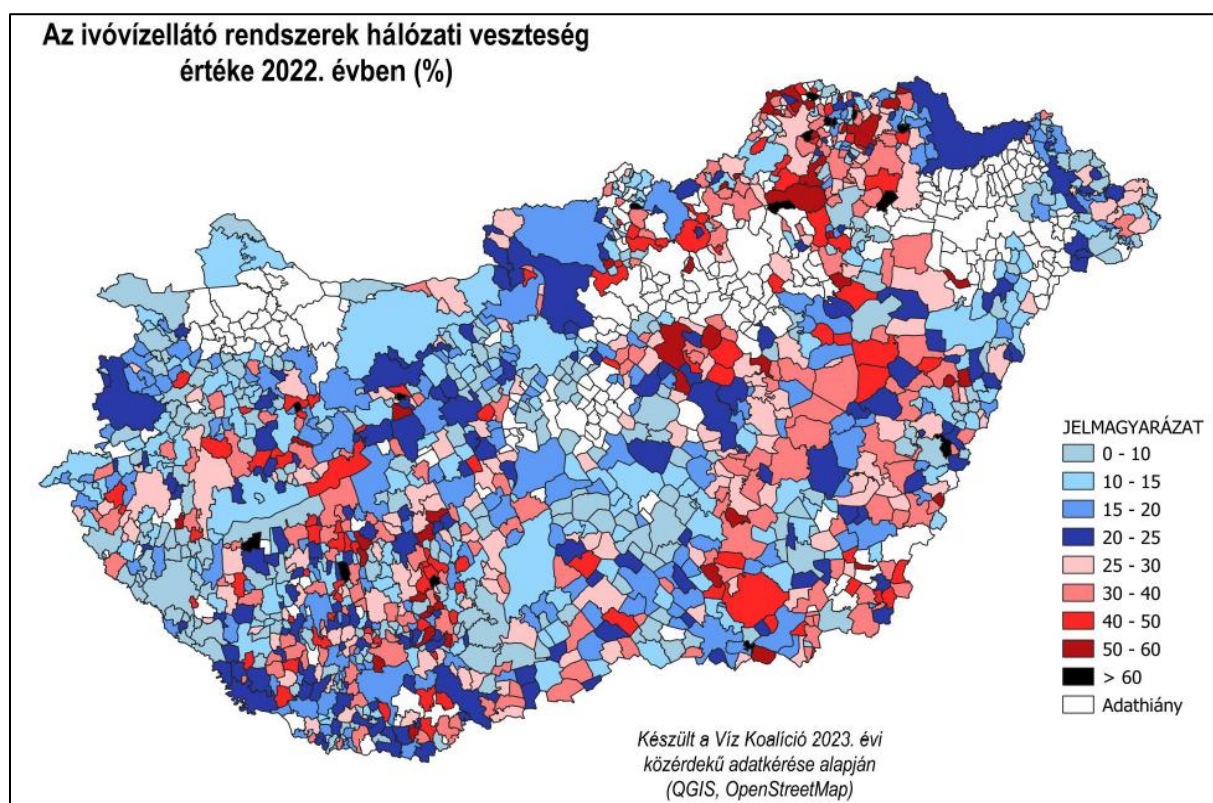
A Budapest régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között enyhén csökkenő, stabil trendet mutatott, 4,7 és 5,4 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 4,7 m/lakás volt. Országos összevetésben Budapest a legalacsonyabb fajlagos hálózathosszal rendelkezik az ország régiói között, ami jól tükrözi a nagyvárosi, sűrű beépítettséget és az ebből eredő rövidebb hálózati szakaszokat.

1.3 A víziközmű-hálózat jelenlegi állapota

Magyarországon jelenleg 37 vállalat látja el a víziközmű-szolgáltatást, amelyek teljes mértékben vagy részben állami tulajdonban vannak. A KSH adatai szerint az országos ellátóhálózat hossza megközelíti a 92.000 kilométert. A gerinchálózat jelentős részét az 1960–1970-es években telepített azbesztcement csövek alkotják, amelyek a teljes hossz mintegy kétharmadát teszik ki. Ezt követően a KM-PVC csövek, majd napjainkban a KPE csövek alkalmazása vált általánossá. A bekötővezetékek, amelyek a hálózat körülbelül 25%-át, azaz mintegy 23.000 kilométert képviselnek, túlnyomórészt KPE anyagból készültek, így állapotuk kevésbé kritikus, mint a fővezetékeké. Az azbesztcement csövek tervezett élettartama 30–40 év, míg a KM-PVC csöveké körülbelül 40 év, ezért a hetvenes években lefektetett szakaszok esetében a felújítás már elengedhetetlen. A víziközmű-ágazat forráshiánya miatt azonban a szükséges rekonstrukciók nem a kívánt ütemben zajlanak. Évente mindössze 350 kilométernyi csővezeték cseréje történik meg, szemben azzal a 2000 kilométerrel, amely a fenntartható állapothoz szükséges lenne. [1] A MEKH 2017-es adatai szerint az ellátóhálózat 56%-a jelentős, további 30%-a pedig kisebb kockázatot hordoz. A hálózati meghibásodások száma folyamatosan emelkedik; a MAVÍZ statisztikái alapján 2017-ben az egy kilométerre jutó hibaszám 1,34 volt, míg 2012-ben ez az érték csupán 0,61, ami több mint kétszeres növekedést jelent. [2] A kádgörbe alapján a hibák gyakorisága várhatóan tovább emelkedik. Ezen adatokat az Állami Számvevőszék 2023-as összefoglaló jelentése is megerősítette. [16]

A Víz Koalíció 2023-as adatkérése [15] a 2022-es év ivóvízellátó csőhálózatának hibáit vizsgálta. A lakosság jellemzően akkor szembesül ezekkel a problémákkal, amikor a csapból nem folyik víz, ami többnyire csővezeték-hibára vezethető vissza. A hibák gyakorisága elsősorban a csövek állapotát tükrözi, ugyanakkor más tényezők, például az anyagminőség, a beépítési körülmények, a környezeti hatások és az üzemeltetési gyakorlat is szerepet játszhatnak. A hibák magas száma arra utal, hogy technikai és szervezeti intézkedésekre egyaránt szükség lehet. A legmagasabb fajlagos érték $17,47 \text{ db/km}$ volt, bár ez szélsőséges esetnek számít. Az országos átlag $1,10 \text{ db/km}$, ami egyértelműen jelzi a beavatkozás szükségességét.

Az átlagos értékek a 2020–2022-es időszakban nem mutattak jelentős változást. Az ivóvízellátó rendszerek vesztesége a hálózatba betáplált és az engedélyezetten felhasznált vízmennyiség különbségéből adódik. A veszteségek közé tartozik az illegális vízhasználat, a mérési pontatlanságok, a szivárgások és a csőtörések. A hálózati veszteség a hálózaton keletkezett veszteségek és a betáplált vízmennyiség arányát fejezi ki, amelyet a 7. ábra szemléltet. Országos átlag értéke 2021-ben 25%-volt. [17] A jelentős vízveszteségek a hálózat hibáira utalnak, nyomáscsökkenést és ellátási zavarokat okozhatnak, rontják a vízminőséget, és anyagi károkat eredményeznek. Egy mindössze 1 mm átmérőjű lyukon évente körülbelül 500 m³, míg egy 3 mm-es nyíláson akár 4200 m³ víz is elszivároghat normál üzemi nyomás mellett. A legmagasabb mért hálózati veszteség 72,79%, ami rendkívül magas értéknek számít. Ráadásul ez nem egyedi eset: 61 víziközmű-rendszerben a veszteség meghaladja a 60%-ot. Ez az adat jól mutatja, hogy a vízellátás hatékonyságát érintő problémák széles körben jelen vannak. Az ilyen magas veszteségi arányok figyelmen kívül hagyása mellett nem lehet hatékonyan megtervezni és fenntartani a vízinfrastruktúrát. A fenntartható vízgazdálkodás érdekében elengedhetetlen a problémás rendszerek részletes vizsgálata és mielőbbi javítása. [15]



7. ábra - Az ivóvízellátó rendszerek hálózati veszteség értéke 2022. évben [Víz Koalíció, 2024]

3. KÖVETKEZTETÉS

A bemutatott mutatók – például a csőtörési gyakoriság, a hálózati veszteségek vagy a bekötési arányok – közvetlenül hasznosíthatók a kritikus infrastruktúrákra előírt kockázati mátrix kitöltésében is, amely az Ellenálló Képességi Terv kötelező része. E mutatók számszerű alapot adnak a veszélyek valószínűségének és hatásának meghatározásához, segítve a víziközmű-ágazatban a sérülékenységek azonosítását, a megelőző intézkedések tervezését és végső soron a kritikus infrastruktúra ellenálló képességének növelését. A kutatás eredményei több szempontból is hasznosíthatók az ellátásbiztonság erősítése és a kritikus infrastruktúrák védelme során. A hálózatok műszaki állapotának feltárása lehetőséget ad arra, hogy a legfontosabb kockázatok – például az elöregedett azbesztcement csőszakaszok és a kiugróan magas hálózati veszteségek – a kockázati mátrixban megfelelően megjelenjenek.

Ezek kezelésének módja a célzott rekonstrukciós beavatkozások előkészítése és végrehajtása, amelyhez a víziközmű-szolgáltató vezetése és műszaki szakemberei a felelősek. Az intézkedésekhez határidők rendelhetők (rövid távon felmérések, középtávon rekonstrukciók), és igazoló dokumentumként szolgálnak a hálózatdiagnosztikai jelentések és a beruházási tervek. A cél a kritikus infrastruktúra ellenálló képességének növelése és az ellátásbiztonság hosszú távú fenntartása, amelyhez ütemezett terv készíthető éves rekonstrukciós programok és korszerű monitoring rendszerek bevezetése formájában.

A magyarországi ivóvízellátó hálózatok fejlődésének és jelenlegi állapotának átfogó vizsgálata rámutatott arra, hogy bár az országos lefedettség magas szintű, a rendszerek műszaki állapota és hatékonysága jelentős kihívásokkal küzd. A történeti áttekintés alapján megállapítható, hogy a vízellátás fejlődése szorosan összefüggött a közegészségügyi, gazdasági és társadalmi változásokkal, különösen a 19. századtól kezdődően. A rendszerváltás utáni időszakban az infrastruktúra fejlesztése felgyorsult, különösen az uniós csatlakozást követően, azonban a regionális különbségek továbbra is fennállnak.

A kutatás során alkalmazott közműolló mutatók jól szemléltetik a víz- és szennyvízhálózatok kiépítettségének és társadalmi hasznosulásának aránytalanságait. Az elmúlt három évtizedben ezek az ollók fokozatosan záródtak, ami a közműellátottság kiegyenlítődéset jelzi, különösen a vidéki régiók felzárkózása révén. Kiemelten érdemes foglalkozni a szennyvízkezelés terén a csatornahálózatokhoz kapcsolódóan a decentralizált szennyvízkezelési megoldásokkal is. [18]

A fajlagos mutatók – mint a bekötési arány, egy főre jutó vízfogyasztás, háztartási fogyasztás aránya, lakásonkénti hálózathossz és csőtörési gyakoriság regionális bontásban történő elemzése rávilágított a településszerkezet, beépítési sűrűség és üzemeltetési gyakorlat szerepére. A csőtörések és hálózati veszteségek mértéke különösen aggasztó. Az országos átlag meghaladja az 1 db/km értéket, míg egyes rendszerekben a veszteség aránya eléri a 60–70%-ot is. [15] Ez nemcsak gazdasági, hanem környezeti és közegészségügyi szempontból is fenntarthatatlan.

A közműolló mutatók alkalmazása révén a vízellátottság és szennyvízelvezetés közötti aránytalanságok feltérképezhetők, ami különösen fontos a lakosság ellátásbiztonságának szempontjából. [19] A regionális különbségek feltárása lehetővé teszi, hogy a katasztrófavédelmi szervek a sérülékenyebb térségekben megelőző intézkedéseket fogyanatosítsanak, például alternatív vízellátási megoldások előkészítésével vagy a helyi vízbázisok fokozott védelmével. [20] [21]

A digitális monitoring rendszerek bevezetésére vonatkozó javaslatok, például intelligens szenzorokkal felszerelt hálózatok kialakítása elősegíthetik a hibák korai észlelését, ezáltal csökkentve a vízellátásban bekövetkező zavarok időtartamát és hatását. A vízveszteségek csökkentése nemcsak gazdasági, hanem környezetvédelmi és közegészségügyi szempontból is kiemelt jelentőségű, különösen olyan térségekben, ahol a vízbázisok terhelhetősége korlátozott.

Összességében a magyarországi víziközmű-hálózatok állapotának statisztikai vizsgálata nemcsak a jelenlegi helyzet feltárását szolgálja, hanem nélkülözhetetlen alapot ad a kritikus infrastruktúra védelmét és az ellátásbiztonság hosszú távú fenntartását célzó stratégiai döntések meghozatalához.

A kutatás eredményei közvetlenül illeszkednek az újonnan bevezetett szabályozási környezethez, amely a kritikus infrastruktúrák – így az ivóvízellátó rendszerek – ellenálló képességének növelését célozza. A kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló 2024. évi LXXXIV. törvény és a kapcsolódó kormányrendeletek alapján a kijelölt víziközmű-szolgáltatók számára kötelezővé válik az ellenállóképességi tervek kidolgozása, amelyhez a jelen tanulmányban bemutatott statisztikai mutatók és regionális különbségek értékes alapot szolgáltathatnak. [22]

- [1] KPMG, „A magyar víziközmű ágazat bemutatása – átfogó tanulmány,” Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest, 2015. [Online]. Elérhetőség: https://www.maviz.org/system/files/kpmg-maviz_vizikozmu_agazati_helyzetkep_20150513.pdf (2025.06.14)
- [2] KPMG, Helyzetfelmérés a hazai víziparról, KPMG Tanácsadó Kft., 2020. [Online]. Elérhetőség: https://maviz.hu/assets/KPMG---Helyzetfelmeres-a-hazai-viziparrol_frissített_2020_11-1654005568.pdf (2025.06.14).
- [3] EurEau, „Europe’s Water in Figures. An Overview of the European Drinking Water and Waste Water Sectors,” The European Federation of National Associations of Water Services, Brüsszel, 2021. [Online]. Elérhetőség: <https://www.eureau.org/resources/publications/eureau-publications/5824-europe-s-water-in-figures-2021/file> (2025.06.15)
- [4] Orgoványi, Péter. „Közütemi vízellátó hálózatok veszteségelemzésének hatékonyságnövelése térinformatikai módszerrel.” Műszaki Katonai Közlöny 33. évfolyam 1. szám (2023): 95-105. [Online]. Elérhetőség: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/6423/5316> (2025.07.04)
- [5] Orgoványi, Péter, és Dalkó, Ilona. „A csatornázottság hazai helyzete statisztikai adatok alapján.” Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 4(4) (2019): 154-166. [Online]. Elérhetőség: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13366> (2025.07.06)
- [6] Takács, Krisztina. „Az ivóvízellátás biztosításának lehetőségei rendkívüli esemény bekövetkezésekor.” In Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II., 309-331. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021. [Online]. Elérhetőség: https://www.researchgate.net/publication/352492434_Szemelvények_a_katonai_muszaki_tudomanyok_eredmenyeibol_II_Hallgatoi_kotet_Szerkesztette_Hausner_Gabor (2025.08.14)
- [7] Eördöghné, Miklós Mária. A lakossági vezetékes vízfogyasztás földrajzi sajátosságai Magyarországon. Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola: PhD-értékezés, 2013. [Online]. Elérhetőség: <https://pea.lib.pte.hu/server/api/core/bitstreams/6091c509-9ef6-4e47-97f2-741759a9a211/content> (2025.05.12)
- [8] Fejér, László. „Az ivóvízellátás fejlődése Magyarországon.” 2022. [Online]. Elérhetőség: <http://dunamuzeum.hu/wp-content/uploads/2022/11/Az-ivovizellatas-fejlolese-Magyarorszagon.pdf> (2025.06.12)
- [9] Dóka, Klára. „A pesti vízvezeték tervei (1857–1868).” Technikatörténeti Szemle (Népművelési Propaganda Iroda Budapest.), 8. (1975-76). [Online]. Elérhetőség: https://library.hungaricana.hu/en/view/ORSZ_KOZL_TechTortSzle_08/?pg=2&layout=s (2025.06.15)
- [10] Bertók, László, és mtsai. Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. Szerkesztette: László Bertók, Pál Bulkai, László Fejér és József Koltay. Budapest: MAVÍZ, 2006. [Online]. Elérhetőség: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKonyvek_019a/?pg=0&layout=s (2025.06.26)

- [11] Nagy, László. A vízgazdálkodás fejlődése. Budapest: Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, 1971.
- [12] Eördöghné, Miklós Mária. „A vízi infrastruktúra jellemzőinek vizsgálata kistelepülési térszerkezetben.” *Modern Geográfia* 1 (2014): 19-28. [Online]. Elérhetőség: https://real.mtak.hu/136536/1/2014_I_02_cordogh.pdf (2025.06.10)
- [13] Patkó, Gergely. „A hazai víziközmű-ágazat 2023. évi működésének áttekintése.” *Vízmű Panoráma* 1 (2025): 24-28. [Online]. Elérhetőség: <https://maviz.hu/vizmu-panorama> (2025.08.04)
- [14] Urrea-Mallebrera, Mario, Luis Altarejos-García, Juan García-Bermejo, és Bartolomé Collado-López. „Condition Assessment of Water Infrastructures: Application to Segura River Basin (Spain).” *Water* 11(6) (2019). [Online]. Elérhetőség: <https://doi.org/10.3390/w11061169> (2025.07.23)
- [15] Víz Koalíció, „Ki menti meg a víziközmű szolgáltatást? - Az ivóvízellátó hálózatok 2022. évi állapotjellemzői,” Víz Koalíció, Budapest, 2024. [Online]. Elérhetőség: <https://www.cka.hu/ki-menti-meg-elemzes/> (2025.06.14)
- [16] ÁSZ, „Jelentés - A vizek védelmének és a vízgazdálkodási feladatok ellátásának ellenőrzése - A víziközmű-szolgáltatás ellenőrzése,” Állami Számvevőszék, Budapest, 2023. [Online]. Elérhetőség: <https://www.asz.hu/dokumentumok/23024.pdf> (2025.07.12)
- [17] ÁSZ, „Jelentés - Nemzeti Vízstratégia megvalósítására hozott intézkedések ellenőrzése - Ivóvíz-gazdálkodás ellenőrzése,” Állami Számvevőszék, Budapest, 2024. [Online]. Elérhetőség: <https://www.asz.hu/dokumentumok/24004.pdf> (2025.07.12)
- [18] Karches, Tamás, és Papp, Tamás. „Egyedi szennyvíztisztító kisberendezés.” *Műszaki Katonai Közlöny XXVIII. évfolyam*, 4. szám (2018): 158-163. [Online]. Elérhetőség: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1536> (2025.06.14)
- [19] Berek, Tamás, és Dávidovits, Zsuzsanna. „Vízbiztonsági terv szerepe az ivóvízellátás biztonsági rendszerében.” *Hadmérnök VII. Évfolyam* 3. szám (2012): 14-25. [Online]. Elérhetőség: http://www.hadmernok.hu/tartalom12_3.php (2025.08.04)
- [20] Berek, Tamás, és Dénes, Kálmán. „Vízbázisok védelme, különös tekintettel a katonai táborok vízellátására.” *Műszaki Katonai Közlöny XXV. évfolyam* 1. szám (2015): 122-130. [Online]. Elérhetőség: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/issue/view/171> (2025.07.26)
- [21] Berek, Tamás, és László István Rácz. „Vízbázis mint nemzeti létfontosságú rendszer elem védelme.” *Hadmérnök VIII. Évfolyam* 2. szám (2013): 120-133. [Online]. Elérhetőség: http://www.hadmernok.hu/132_11_berekt_rli.pdf (2025.07.25)
- [22] Mógor, Judit, és Angyal, István. „A kritikus infrastruktúrák ellenálló képesség fejlesztését célzó szabályozás mérföldkövei 2022-2025” *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat* 10 (2) (2025): 11-21. Elérhetőség: <https://doi.org/10.61790/vt.2025.19455> (2025.09.26)

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-3-59 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Program - a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.