

A vízelosztó hálózatok hidrodinamikai hatékonyságának javítása geokódolási stratégiák mentén

A fenntartható és biztonságos települési vízellátás érdekében a hálózatok hidrodinamikai szempontú elemzése elengedhetetlen. A fogyasztási pontok térbeli elhelyezkedése és a fogyasztás időbelisége (menetgörbék) meghatározza a hálózaton belüli nyomásviszonyokat. Ennek segítségével a hálózati kritikus pontok (például a csőtörés veszélye a nagy hálózati nyomás miatt vagy a nagy tartózkodási idejű zónák) azonosíthatók, a beavatkozási lehetőségek ki-dolgozhatók. A hidrodinamikai modell jósága annak felbontottságától alapvetően függ. A valós viszonyokat leképező, földrajzi információs rendszereken (Geographic Information System, GIS) alapuló geokódolt topológiai modellel a fogyasztási arányszámok meghatározhatók, és a modellezési cél elérhető. A tanulmányban több lehetőséget körüljárva a legmegfelelőbb stratégiát dolgozzuk ki, amelynek során a vízforgalom meghatározható.

Kulcsszavak: vízellátó hálózat, geokódolás, hidraulikai modellezés, GIS, EPANET

IMPROVING THE HYDRODYNAMIC EFFICIENCY OF WATER DISTRIBUTION NETWORKS BASED ON GEOCODING STRATEGIES

A hydrodynamic analysis of the networks is crucial for a sustainable and safe urban water supply. The spatial distribution of consumption points and the variation of consumption over time ("water demand curves") determine the pressure relationships within the network. This allows the identification of critical points in the network (e.g. risk of burst pipes due to high network pressure or zones with high residence times) and the development of intervention options. The accuracy of the hydrodynamic model depends essentially on its resolution. With a geocoded topological model based on GIS techniques, which represents real conditions, consumption rates can be determined and the modelling objective achieved. The study explores several options to develop the most appropriate strategy to determine the water flow.

Keywords: water supply network, geocoding, hydraulic modelling, GIS, EPANET

Bevezetés

A kutatás központjában a magyarországi víziközmű-hálózatok állnak, különösen a vízágazati rendszerek, amelyek a nemzeti létfontosságú kritikus infrastruktúrák részei. Magyarországon a közműhálózatok szolgáltatásait ma már természetesnek vesszük, de fontos megértenünk azokat a tényezőket, amelyek hatással lehetnek a hálózatok állapotára. A vízellátó- és szennyvízcsatorna-hálózatok szerkezetének, valamint az ezekben végbemenő folyamatoknak a részletes ismerete létfontosságú a hosszú távú, fenntartható működés biztosítása érdekében. A gravitációs és nyomás alatt működő vezetékekben lezajló fizikai folyamatokat modern hálózathidraulikai modellezési technikákkal lehet pontosan meghatározni. Az ellátás során nemcsak a víz mennyiségének, hanem a megfelelő nyomásnak és a jogszabályok által előírt minőségi követelményeknek is meg kell felelni. A minőségi paraméterek tervezésében az anyagtranszport-modellezés játszik szerepet, amelynek hatékonysága nagymértékben függ a hidrodinamikai modell pontosságától.

A hazai ivóvízellátó hálózat több mint 92 ezer kilométer hosszú, amelynek jelentős része az 1960-as, 1970-es években készült azbesztcement csővezetékekből áll, ezek alkotják a hálózat kétharmadát. A fennmaradó részt az 1970 után telepített – túlnyomórészt – KM-PVC csővezetékek teszik ki. Az azbesztcement csövek tervezett élettartama 30–40 év, míg a KM-PVC vezetékeké körülbelül 40 év. A MAVÍZ statisztikái szerint 2017-ben az egy kilométerre jutó meghibásodások száma országos szinten 1,34 volt, míg 2012-ben még csak 0,61.

Napjainkban a hazai vízellátó hálózatok többsége alulterheltnek számít, mivel kiépítésükkor az akkor előrevetíthető (több évtizeddel ezelőtti) állapotokat és előrejelzéseket vették alapul. Ezzel ellentétben a nagyvárosi agglomerációkban más tendencia figyelhető meg: itt, különösen Budapest környékén a közműszolgáltatók nagy kihívásokkal szembesülnek, amikor a csúcsfogyasztás idején a megfelelő mennyiségű és nyomású szolgáltatást kell biztosítaniuk.

A hazai ivóvízhálózat állapotának alapos ismerete elengedhetetlen annak érdekében, hogy a jövőbeli tervezés megfelelő szakmai alapokon nyugodjon, és az üzemeltetési követelményeket, valamint a víziközmű-infrastruktúrák ellátásbiztonságát biztosítani lehessen. A kutatás célja ezen ismeretek feltárása és rendszerezése, kiemelt figyelmet fordítva a közműszolgáltatók különböző nyilvántartási rendszereiben tárolt adatok hatékony feldolgozására, valamint a feldolgozási módszertanok fejlesztésére a bemenő adatok pontosítása érdekében. Az adatok integrálása és elemzése lehetőséget teremt a megelőző karbantartási stratégiák kidolgozására is. A kutatás továbbá arra törekszik, hogy a hálózathidraulikai

modellek hatékonyságát növelje, ezáltal hozzájárulva a víziközmű-hálózatokkal kapcsolatos mérnöki feladatok megoldásához. Emellett alapot kíván nyújtani a katonai táborok vízellátási kérdéseinek kezeléséhez, a haváriahelyzetekben alkalmazott vízellátási módszerek kidolgozásához, valamint egyéb kapcsolódó területek vizsgálatához és tervezéséhez.

Az eddigi eredmények alapján a számlázási adatokat alapul véve a fogyasztások térbeli és időbeli jellege hatékonyan és nagy pontossággal közelíthető, ami lehetővé teszi a jelenlegi hálózathidraulikai módszertanok fejlesztését, a célfeladatok pontosabb és gyorsabb megoldását.

Magyarország ivóvízellátó hálózatának fejlődése

Történeti visszatekintés

Magyarország vízellátó hálózata évszázadok alatt érte el jelenlegi formáját, kezdve a rómaiak által épített első vízvezetékekkel. A középkorban is épültek vízvezetékek, de a jelentős fejlődés a 19. század második felében kezdődött a modern technológiák megjelenésével.¹

A vízellátó hálózatok kiépítését a természetes vízforrások és a topográfiai viszonyok befolyásolták. A 20. század második felében jelentős technikai fejlődés következett be, ami növelte a vízszerezés, -kezelés és -elosztás hatékonyságát. A közegészségügyi követelmények szigorodása is támogatta a vízellátó rendszerek modernizációját. Napjainkban is jelentős területi különbségek vannak a vízellátás minőségében és megbízhatóságában, ezért alapvető fontosságú a hatékonyság növelése és a vízhasználat racionalizálása.²

A római kori vízellátó rendszerek a birodalom bukása után hanyatlásnak indultak. A középkorban új megoldásokra volt szükség, különösen a királyi udvarok és várak számára. A 17. században kezdődött a vízellátás modernizálása, amelyet a 19. századi iparosodás és kolerajárványok tovább gyorsítottak. Az első modern vízvezeték Zólyomfaluban épült 1800-ban.³

Budapest első közműves vízellátási rendszere 1856-ban létesült. 1867-ben a kolerajárvány hatására megépítették Pest város vízművét. A budai oldalon 1881-ben

¹ BERTÓK et al. 2006.

² EÖRDÖGHNÉ MIKLÓS 2013.

³ SCHUSTLER 1897.

épült meg az első jelentős vízmű, amely 1884-ben kapcsolódott össze a pesti vízhálózattal.⁴

A 20. század elején a közutak rendszere elegendő volt, de a népsűrűség növekedésével szükségessé vált az elosztóhálózat bővítése, a házi bekötő vezetékek kiépítése. A vízművek tervezése során a német példák szolgáltak alapul, de hazai igényekhez igazították.

A Közegészségügyi Mérnöki Osztály kulcsszerepet játszott a vízvezetékek tervezésében és kivitelezésében. A közműves vízellátás fejlődését az állami támogatás és a hidrogeológiai tudományok előrehaladása is segítette. Az első világháború után az ország közigazgatási és finansziális viszonyai radikálisan megváltoztak. Az 1920-as évek közepén a Speyer-kölcsön révén új lehetőségek nyíltak meg a vízművek fejlesztésére. Azonban az 1930-as években még továbbra is vízellátási nehézségekkel küzdött az ország.⁵

A II. világháború súlyos károkat okozott Magyarország vízellátó rendszereiben, különösen a városi vízművekben. Budapest ostroma során a város vízellátása súlyosan sérült, a főnyomó- és elosztóvezetékek megrongálódtak, és a hidak felrobbantása jelentős fővezetékek megsemmisüléséhez vezetett. A helyreállítási munkák lassan haladtak, de 1947-re sikerült a legnagyobb károkat helyrehozni. Vidéki városokban, mint Győr, Szolnok, Debrecen, Miskolc és Szombathely, szintén jelentős károkat okozott a háború. Az országos helyreállítási munkák 1947-re többnyire sikeresek voltak, bár néhány helyen még hosszabb ideig tartott a teljes újjáépítés.

A háború után az újjáépítés és a szocialista államszervezet kialakítása került középpontba. Az 1945-ben megalakult Országos Vízgazdálkodási Hivatal (OVH) a vízügyek államosítását és a fejlesztések állami finanszírozását jelentette.⁶ Bár szükség lett volna a vízművek fejlesztésére, a pénzügyi források hiánya miatt csak néhány városban valósultak meg jelentősebb beruházások. A háború utáni időszak legjelentősebb vízműépítési projektje Kecskeméten zajlott.

Az 1950-es években az iparfejlesztések nagy nyomást helyeztek a városi vízművekre. Az ipari centrumok mellett új ipari központok is kialakultak, például Dunaújváros és Tiszaújváros, amelyek szintén jelentős vízigényt generáltak. Az 1960-as és az 1990-es évek között Magyarország jelentős erőfeszítéseket tett a vízellátás fejlesztésére. A gazdasági növekedés, az urbanizáció és az életminőség iránti igények növekedése szükségessé tette a korszerű vízellátó rendszerek kiépítését.

⁴ DÓKA 1976.

⁵ BERTÓK et al. 2006.

⁶ NAGY 1970.

Az 1990-es években Magyarország vízellátási rendszere jelentős fejlesztéseken ment keresztül, amelyek során új vízművek épültek, korszerű technológiákat (búvárszivattyúk, víztornyok) vezettek be, és regionális vízhálózatokat alakítottak ki. A vízminőség javítása érdekében modern vízkezelő műveket telepítettek, például a csepeli vízműnél. Kistérségi rendszereket hoztak létre a vízellátás biztonságának növelésére, és szigorú intézkedéseket vezettek be a vízbázisok védelmére. Az EU-csatlakozás szigorúbb előírásai, valamint a társadalmi és gazdasági változások is ösztönözték ezeket a fejlesztéseket.

Napjainkban a hazai települések vízellátása szinte teljesnek mondható. Az elmúlt évtizedekben jelentős hálózatbővítés és regionális rendszerek kialakítása valósult meg, főként pályázati forrásokból. A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) 1990 és 2022 közötti adatai alapján a vízellátó hálózat hossza jelentősen növekedett, 51 317 kilométerről 67 663 kilométerre. A legnagyobb növekedés a közép-magyarországi régióban történt. A lakásállomány növekedése több bekötést és hosszabb vezetékszakaszokat igényelt. 1990-ben 2 848 895 ingatlan rendelkezett bekötéssel a közcsontra-hálózatra (73%), 2022-re ez a szám 4 362 657-re nőtt (95%). A legnagyobb bekötésszám-növekedés a közép-magyarországi régióban volt, különösen 1993-ban tapasztalhatunk kiugró értéket az adatokban. A vízellátás fejlődése jó ütemben halad, de a közműolló soha nem éri el a 100%-os értéket, mivel nem minden ingatlan esetében indokolt a hálózatra való rákötés (üdülőterületek, tanyaák stb.).⁷

Feltárt folyamatok és trendek

Az 1990-es évek politikai és gazdasági változásai átalakították a víziközmű-szolgáltatásokat, amelyek az önkormányzatok hatáskörébe kerültek. Az állami vagyon nagy része önkormányzati és gazdasági társaságok tulajdonába került, így megnőtt a szolgáltatók száma.⁸ Az EU-csatlakozás után Magyarország jelentős támogatásokat kapott a víziközmű-fejlesztésekre, különösen a vízminőségi előírások teljesítése érdekében, ami a 2000-es években nagy beruházásokat hozott.⁹

Kutatásunk során áttekintettük a 2000-es évektől napjainkig rendelkezésre álló adatokat. A szolgáltatók száma 400 fölött volt,¹⁰ de ma már csak 37 vállalat

⁷ ORGOVÁNYI–DALKÓ 2019.

⁸ KPMG 2020.

⁹ ORGOVÁNYI 2023.

¹⁰ KPMG 2015.

működik.¹¹ Magyarország gazdag vízforrásokban, de folyóink nagy része külföldről érkezik, és a beérkező és kilépő mennyiségek viszonya alapján szárazodási tendenciát tapasztalhatunk.¹² Vízellátás szempontjából a mélységi vizek előnyösebbek a felszíni vizeknél, mivel kevésbé szennyezettek és stabilabb ellátást biztosítanak a legtöbb esetben. A vízkészletek fenntartható kezelése és védelme kiemelt fontosságú.¹³

A nagyobb kapacitásra tervezett ellátóhálózatok az ország jelentős részén túlméretezettek, ami a másodlagos vízminőség romlásához vezethet. A nagyobb átmérő miatt lassabb a vízmozgás, ami hosszabb tartózkodási időt jelent. Ezzel szemben a Budapest környéki településeken jelentős lakosságnövekedés figyelhető meg, ami nagyobb vízigényt és a hálózat túlterhelését okozza. A sűrűn beépített területek fokozzák ezt a problémát, különösen nyáron, amikor nyomáscsökkenés és vízhiány léphet fel a megnövekedett mennyiségi igények miatt.

A jelenlegi helyzet átfogó szemléletet és alapos tervezést igényel a jövőbeni megfelelő állapotok biztosítása érdekében, különösen a romló közmű-infrastruktúra és a forráshiányos szolgáltatók miatt. Javaslom a víziközmű-hálózatok egységes, standardizált modellezési megközelítését, különös tekintettel a térinformatikai módszerekre.¹⁴ A közművek nyilvántartása ugyan egységes alapokon működik közel egy évtizede,¹⁵ de a szoftverkörnyezetek különbözősége és a pontatlan adatrögzítés még mindig kihívást jelent. A vagyonértékelés kulcsfontosságú az üzemeltetés szempontjából, az objektumszintű vagyonleltár pedig a fejlesztési és üzemeltetési döntések alapja.

A települési vízellátó hálózatok hidraulikai modellezése

Az elmúlt évtizedek során a települési vízellátó hálózatok hidraulikai modellezése jelentős fejlődésen ment keresztül. Míg a korai modellek egyszerű, kézi számításokon és alapvető áramlási, valamint nyomásfeltevéseken alapultak, a számítógépes technológia elterjedésével ezek egyre összetettebbé váltak. Ma már kifinomult

¹¹ Állami Számvevőszék 2024.

¹² ORGOVÁNYI–BERGER 2022.

¹³ EurEau 2021.

¹⁴ ORGOVÁNYI–SALAMON 2019.

¹⁵ PAPP et al. 2008.

algoritmusokat és valós idejű adatelemzést alkalmaznak, amelyek nagymértékben javítják a hálózatok teljesítményének előrejelzését és optimalizálását.¹⁶

A hidraulikai modellezés fejlődése több szakaszra osztható. Az 1980 előtti időszakban alapvetően kézi számítások és empirikus képletek szolgáltak a vízellátó rendszerek áramlási és nyomási értékeinek becslésére. Az 1980-as és 1990-es évek fordulópontot jelentettek a számítógépes tervezés (*Computer-Aided Design, CAD*) és a szimulációs szoftverek, például az EPANET bevezetésével, amelyek lehetővé tették a részletesebb és pontosabb modellezést. A 2000-es évektől kezdve a modern időszakban a GIS-ek integrációja, a valós idejű adatgyűjtés, valamint a gépi tanulás és az optimalizációs algoritmusok bevezetése tovább növelte a hidraulikai modellek képességeit és pontosságát.¹⁷

Napjainkban a hidraulikai modellezés több kulcsfontosságú területre összpontosít. Az intelligens vízhálózatok kialakításában úgynevezett *tárgyak internete* (*Internet of Things, IoT*)-eszközöket és egyéb érzékelőket integrálnak a rendszerek valós idejű felügyeletéhez és vezérléséhez.¹⁸ Az adatvezérelt modellezés egyre nagyobb szerepet kap, amely nagy mennyiségű adat feldolgozásával és gépi tanulás alkalmazásával előre jelzi a rendszer várható viselkedését, valamint proaktívan azonosítja a lehetséges problémákat. A fenntartható és rugalmas tervezés célja olyan modellek kifejlesztése, amelyek képesek megfelelően kezelni a szélsőséges körülményeket, beleértve az éghajlatváltozás következtében létrejövő változásokat és egyéb természeti katasztrófákat. A vízminőségi modellezés szintén folyamatosan fejlődik, hogy pontosabban előrejelezze a hálózaton belül a reakcióképes és nem reakcióképes anyagok mozgását és kölcsönhatását.¹⁹

A vízellátó hálózatokon jelentkező vízvesztés egy súlyos probléma, és ennek felderítésére, valamint mérséklésére több módszert alkalmaznak. Az akusztikus szenzorok és nyomásérzékelők például szivárgások azonosítására szolgálnak,²⁰ míg statisztikai és gépi tanulási módszerekkel az áramlási adatok elemzését végzik a szivárgásokra utaló minták azonosítása érdekében. A távérzékelési technológiák, mint a műholdas és a dróntechnológia, szintén fontosak a nagy kiterjedésű hálózatokon előforduló rendellenességek észlelésében.²¹

¹⁶ ROSSMAN 2000.

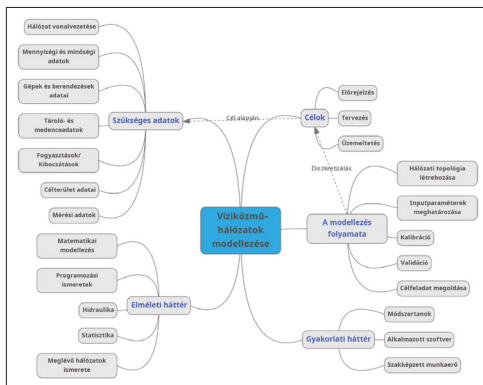
¹⁷ ORMSBEE 2006.

¹⁸ CREACO et al. 2019.

¹⁹ SARISEN et al. 2022.

²⁰ FARLEY-TROW 2003.

²¹ PUUST et al. 2010.



15.1. ábra. A víziközmű-hálózatok modellezési fogalomtérképe

Forrás: a szerző szerkesztése

A vízellátó hálózatok meghibásodásainak felderítése különféle diagnosztikai eszközökkel történik, például nyomás- és áramlásfelügyeléssel, hogy folyamatosan nyomon kövessék a meghibásodásra utaló jelentős változásokat.²² Hidraulikai szimulációkat is alkalmaznak a meghibásodási pontok előrejelzésére, a múltbeli adatok és a jelenlegi hálózati paraméterek alapján. A modelljósításokat gyakran helyszíni vizsgálatokkal kombinálják a hibák pontos lokalizálása és kijavítása érdekében.²³

A 15.1. ábra a vízellátó hálózatok modellezésének összetett kapcsolati rendszerét mutatja be. Az ábrán jól látható, hogy a folyamat bonyolultsága miatt bármely tényező minőségi hibája negatívan befolyásolhatja a végeredményt. Az is nyilvánvaló, hogy a szakképzett mérnök szerepe, akinek megfelelő szakértelme van, jelenleg kulcsfontosságú a teljes folyamatban, és ez várhatóan még hosszú ideig így marad. Azonban a megfelelő tudás alkalmazásával a folyamatokat dinamikusabbá és költséghatékonyabbá tehetjük, ami jelen kutatás központi fókuszát képezi.

Számos nemzetközi tanulmány foglalkozik a hálózathidraulikai modellek diszkrétizálásával, ahol a bemeneti adatok pontossága alapvetően meghatározza a kimeneti eredményeket. Tapasztalat és tudás birtokában a topológia és egyéb inputparaméterek helyes megválasztásával elérhetjük céljainkat, miközben minimalizáljuk az élőmunka- és számításkapacitás-igényt, így növelve a hatékonyságot.

²² MISIUNAS et al. 2006.

²³ COLOMBO–KARNEY 2002.

Giustolisi és társai az *Enhanced Global Gradient Algorithm* (EGGA) alkalmazásával jelentős számítási hatékonyságot értek el nagy vízellátó hálózatok esetében, anélkül, hogy a kimeneti pontosság romlott volna.²⁴ A kutatás során ez a kérdéskör kiemelt szerepet kap, különös tekintettel a diszkretizációs szint meghatározására.

Ingeduld és társai az EPANET forráskódját módosították, hogy alacsony nyomású vagy nem folyamatosan nyomás alatt álló hálózatokat is modellezni lehessen. Bár hazánkban ez ritkán jelent problémát, haváriahelyzetekben fontos lehet az ilyen hálózatok kezelése. A szerzők a módosított EPANET-et Shillong (India) és Dhaka (Banglades) városának bonyolult vízellátó rendszerén tesztelték, hogy elősegítsék a hálózatok rekonstrukcióját és a folyamatos vízellátás elérését.²⁵

Kutatásom fő iránya a GIS-alkalmazások adaptációja a hazai viszonyokra és a modern szoftveres környezet dinamikus használata. Yu és társai bemutatták, hogyan integrálható a GIS-technológia az EPANET modellel egy városi vízellátó hálózat tervezésében és elemzésében. Eredményeik azt mutatták, hogy a GIS és az EPANET kombinációja növeli a hidraulikai számítások hatékonyságát és pontosságát.²⁶

A vízellátó hálózatokon jelentkező veszteségek

A közüzemi vízhálózatok hatékony működése és fenntarthatósága kulcsfontosságú a városi infrastruktúrák számára. Az elöregedő hálózatok és a nem megfelelő karbantartás jelentős vízvesztést okoz, ami gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt problémás. A hazai statisztikák szerint a hálózati veszteség 20–30%, de egyes területeken akár 60% is lehet. Kutatásunk szerint a térinformatikai adatbázisok használata jelentősen javíthatja a vízhálózatok veszteségelemzésének hatékonyságát. A GIS-alapú megközelítéssel pontosabban követhető nyomon a veszteségek térbeli eloszlása, ami gazdasági előnyökkel jár a közműszolgáltatók számára, mivel csökkenti a szükséges vízmennyiséget, ezáltal költségmegtakarítást eredményezve, és hozzájárul a vízkészletek fenntarthatóbb felhasználásához.²⁷ A hálózati meghibásodások súlyos vízvesztést okozhatnak, például egy 1 mm-es lyuk évi 500 m³, míg egy 3 mm-es lyuk akár 4200 m³ veszteséget is jelenthet átlagosnak mondható hálózati nyomás mellett.²⁸ Magyarországon a vízvesztéség

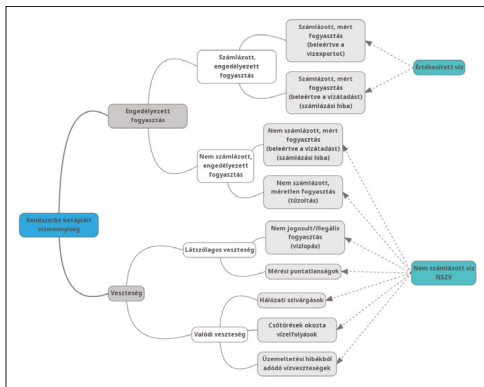
²⁴ GIUSTOLISI et al. 2012.

²⁵ INGEDULD et al. 2006.

²⁶ YU et al. 2010.

²⁷ ORGOVÁNYI 2023.

²⁸ FÁBRIK 2017.



15.2. ábra. Veszteség-fogalomtérkép

Forrás: IWA 2002 alapján a szerzők szerkesztése

mértéke átlagosan 22%, ami évi 144 millió m³ vízvesztést jelent. Az EU-ban Magyarország 2012–2015 között a 15., míg 2021-ben már a 9. helyen állt a veszteségek szempontjából.²⁹ A fajlagos veszteség is nőtt, 2017-ben 1500 m³/km/év volt, 2021-re pedig 3000 m³/km/év-re emelkedett, míg az EU-átlag 2696 m³/km/év.³⁰

A veszteségek vízellátásban használatos rendszerezését a 15.2. ábra szemlélteti. A veszteségeket érdemes helyi szinten vizsgálni, nem pedig országos vagy regionális szinten, hogy könnyebben azonosíthatók legyenek a kiugró értékek. A rendszerbe betáplált víz két fő kategóriára osztható: engedélyezett fogyasztásokra és veszteségekre. Az engedélyezett fogyasztások lehetnek számlázottak vagy nem számlázottak.³¹ A számlázott fogyasztás az értékesített vízmennyiséget jelenti, míg a nem számlázottak közé tartoznak a számlázási hibák és a tűzoltásra használt vízmennyiségek. A veszteségek látszólagos és valós veszteségekre oszlanak: előbbiek közé tartoznak az illegális fogyasztások és a mérési pontatlanságok, utóbbiak pedig hálózati szivárgásokból, csőtörésekből és üzemeltetési hibákból erednek.

A veszteségek 25%-át nehezen észrevehető háttérszivárgások teszik ki, míg 30%-át a műszerekkel felderíthető szivárgások alkotják, és 45%-át a látható szivárgások adják, amelyek azonnali beavatkozást igényelnek. Az éves valós veszteségeket (CARL) csak bizonyos szintig lehet technikailag csökkenteni, amit elkerülhetetlen

²⁹ EurEau 2017, 2021.

³⁰ EurEau 2021.

³¹ LAMBERT 2002.

veszteségnek (UARL) neveznek, de gazdaságilag célszerűbb az optimális veszteség-szintet meghatározni, amely az IWA szerint átlagosan 20% körül van.

A veszteségek jellemzésére több módszer is létezik, például a fajlagos hálózati veszteség-érték és a nem számlázott víz (NSZV) mutatója, amely a CARL/UARL arány alapján számítható. Az infrastruktúra-szivárgási index (ILI) nemzetközileg előnyben részesített, mivel figyelembe veszi a rendszer sajátosságait. Az IWA 2022-ben támogatta az ILI alkalmazását, összhangban a 2020/2184 EU irányelvvel, amely egységes értelmezést követel meg.³² Az EU-tagállamoknak 2026-ig kell értékelniük a szivárgási szinteket, és jelentést készíteniük, 2028-ig meghatározzák az egységes szivárgási küszöbértéket, és 2030-ig cselekvési tervet kell készíteniük a szivárgások csökkentésére.

A geokódolás alkalmazása a hidraulikai modellezés területén

A geokódolás, más néven térbeliesítés olyan folyamat, amely során egy címhez hozzárendeljük a megfelelő földrajzi koordinátákat. Ez hasonló ahhoz, amikor papírtérképeken neveket keresünk névmutató segítségével. A webes térképek és navigációs rendszerek korában a címek és nevek geokódolása mindennapos tevékenységgé vált.³³ A geokóder szoftver ehhez referenciatáblákat használ, amelyek nevek és koordináták párosításait tartalmazzák. Az adatoknak megfelelő formátumban kell rendelkezésre állniuk, hogy a geokódolás sikeres legyen. Azonban a különböző írásmódok miatt gyakran hibák fordulnak elő, például elírások vagy régi közterületnevek használata.³⁴ Az inverz geokódolás során a már ismert földrajzi koordináták alapján keresünk címadatokat, például adott ponthoz legközelebbi épületet vagy utcát.³⁵

Hosszas mintaterület-feltárás után a BÁCSEVÍZ Zrt. működési területén található Ladánybene település víziközmű-adatait használtam kutatásom kezdeti fázisában. Kis területi kiterjedése és a népességszám (1741 fő) adatai ideálissá tették a módszerek tesztelésére.³⁶ Kutatásunk célja annak bemutatása volt, hogyan lehet a fogyasztási adatokat a vízellátó hálózati hidraulikai modell csomópontjaihoz igazítani GIS-alapú technikákkal, ezzel növelve a modellezési pontosságot és csökkentve a feldolgozási időt.

³² IWA 2022.

³³ HORVÁTH 2017.

³⁴ PRAJCZER 2010.

³⁵ HORVÁTH 2017.

³⁶ KSH 2022.

A vízmérő adatok használata ideális lenne, de a jelenlegi adatbázisok ezt csak részben teszik lehetővé, erre az általunk adaptált geokódolási módszer kínál megoldást. A számlázási rendszer adataihoz szükséges a címek pontosítása és geokódolása, amelyet a Google címadatbázisa segítségével végeztünk el erre a célra adaptált és fejlesztett módszertan alapján. A geokódolt fogyasztási pontokat térképen jelenítettük meg, és a folyamat körülbelül 1,5 órát vett igénybe. A geokódolás után a vízellátó hálózati modell struktúráját dolgoztuk ki, különböző topológiai egyszerűsítéseket alkalmazva a gyorsabb adatfeldolgozás érdekében.

A fogyasztási adatok térbeli eloszlásához több megközelítést is alkalmaztunk. Az egyik a számtani átlag módszere, amely egyszerűen elosztja a fogyasztási adatokat a hálózat csomópontjai között, míg a másik a fogyasztási körzetek kijelölése, amelyet a terület sajátosságai alapján végeztünk el. Ebben a kategóriában háromféle módszertannal határoztuk meg a hálózati csomópontok hatásterületeit. A jelenlegi gyakorlatban legtöbb esetben használt módszertanhoz hasonlóan utcák szerint különítettük el a hatásterületeket, ahol ha adott hatásterületen belül több hálózati csomópont is található, akkor a darabszámuk függvényében osztottuk el a területhez tartozó fogyasztási mennyiségeket. A következő lehatárolás esetében manuális módszerrel meghatároztuk az egyes csomópontok egymáshoz viszonyított távolságát, és hatásterületeik határait a távolságok felénél vettük fel. Térinformatikai szoftver segítségével Thiessen-poligonokat generáltunk a csomópontok alapján, amelyek területe alkotta a negyedik és egyben utolsó lehatárolást.

A geokódolt fogyasztói adatokat a hatásterületekhez rendeltük, és vizsgáltuk azok különbségét a teljes mértékben manuális módon előállított hatásterület esetében kapott körzeti fogyasztási mennyiségekhez képest. Az eredmények alapján a számtani átlag módszere a legpontatlanabb, itt tapasztaltuk a legnagyobb eltérést. Ez a módszer jellegéből is adódhat. Alkalmazása csak nagyon ritka esetben, csak sakktáblaszerű településeken vagy településrészekben adhat megfelelő eredményt, amelyek a valóságban ritkák. Pontosság tekintetében eredményeink alapján a következő az utcák szerinti felbontás volt. Ezt követte a Thiessen-poligonokkal történő területlehatárolás, amely minimális eltérést mutatott a manuális módszerhez képest.

A GIS-alapú Thiessen-poligonok módszere hasonló eredményeket adott, mint a manuális módszer, de gyorsabb és automatizálható módon. A GIS-alapon hatékonyan elvégezhető, Thiessen-poligonokkal történő hatásterület-lehatárolás az eredmények alapján gyorsan és pontos eredményekkel alkalmazható.³⁷

³⁷ ORGOVÁNYI–KARCHES 2024.

Felhasznált irodalom

- Állami Számvevőszék (2024): *Jelentés. Nemzeti Vízstratégia megvalósítására hozott intézkedések ellenőrzése. Ivóvíz-gazdálkodás ellenőrzése*. Budapest: Állami Számvevőszék. Online: <https://asz.hu/dokumentumok/24004.pdf>
- BERTÓK László et al. (2006): *Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig*. Budapest: Magyar Víziközmű Szövetség.
- COLOMBO, Andrew F. – KARNEY, Bryan W. (2002): Energy and Costs of Leaky Pipes: Toward Comprehensive Picture. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128(6), 441–450. Online: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2002\)128:6\(441\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2002)128:6(441))
- CREACO, E. et al. (2019): Real Time Control of Water Distribution Networks: A State-of-the-Art Review. *Water Research*, 161, 517–530. Online: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.025>
- DÓKA Klára (1976): A pesti vízvezeték tervei (1857–1868). *Technikatörténeti Szemle*, (8), 19–37.
- EÖRDÖGHNÉ MIKLÓS Mária (2013): *A lakossági vezetékes vízfogyasztás földrajzi sajátosságai Magyarországon*. PhD-értékezés. Pécs: Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola. Online: <https://pea.lib.pte.hu/bitstream/handle/pea/15020/eordoghne-miklos-maria-tesis-hun-2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- EurEau (2017): *Europe's Water in Figures. An Overview of the European Drinking Water and Waste Water Sectors*. Brussels: The European Federation of National Associations of Water Services. Online: www.eureau.org/resources/publications/1460-eureau-data-report-2017-1/file
- EurEau (2021): *Europe's Water in Figures. An Overview of the European Drinking Water and Waste Water Sectors*. Brussels: The European Federation of National Associations of Water Services. Online: <https://www.eureau.org/resources/publications/eureau-publications/5824-europe-s-water-in-figures-2021/file>
- FARLEY, Malcolm – TROW, Stuart (2003): *Losses in Water Distribution Networks: A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control*. London: IWA Publishing. Online: <https://doi.org/10.2166/97818780402642>
- FÁBRIK Tamás (2017): Az értékesítési különbözet csökkentésének módszertana. *Vízmű Panoráma*, 25(4), 10–13. Online: https://epa.oszk.hu/04000/04052/00027/pdf/EPA04052_vizmu_panorama_2017_04_10-13.pdf
- GIUSTOLISI, Orazio et al. (2012): Computationally Efficient Modeling Method for Large Water Network Analysis. *Journal of Hydraulic Engineering*, 138(4), 313–326. Online: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000517](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000517)
- HORVÁTH Attila (2017): *A geokódolás szerepe az adatbázis alapú digitális térképek világában. Geokódoló szolgáltatások*. Diplomamunka. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem Informatikai Kar Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék. Online: http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/szakdolgozat/2017-msc/horvath_attila.pdf
- INGEDULD, Petr et al. (2006): Modelling Intermittent Water Supply Systems with EPANET. In BUCHBERGER, Steven G. et al. (szerk.): *Water Distribution Systems Analysis Symposium 2006*. Cincinnati, OH: ASCE. Online: [https://doi.org/10.1061/40941\(247\)37](https://doi.org/10.1061/40941(247)37)
- IWA (2022): IWA Water Loss Specialist Group Position Statement: Use of the Infrastructure Leakage Index in EU Directives and Regulations. *International Water Association*, 2022. március 30. Online: <https://iwa-network.org/news/iwa-water-loss-specialist-group-position-statement-use-of-the-infrastructure-leakage-index-in-eu-directives-and-regulations/>

- KPMG (2015): *A magyar víziközmű ágazat bemutatása – átfogó tanulmány (módosított verzió)*. Budapest: Magyar Víziközmű Szövetség. Online: www.maviz.org/system/files/kpmg-maviz_vizikozmu_agazati_helyzetkep_20150513.pdf
- KPMG (2020): *Helyzetfelmérés a hazai víziparról*. Budapest: Magyar Víziközmű Szövetség. Online: www.maviz.org/system/files/maviz_vizipari_tanulmany_frissített_202011_final_public.pdf
- LAMBERT, Allan O. (2002): International Report: Water Losses Management and Techniques. *Water Supply*, 2(4), 1–20. Online: <https://doi.org/10.2166/ws.2002.0115>
- MISIUNAS, Dalius et al. (2006): Failure Monitoring in Water Distribution Networks. *Water Science & Technology*, 53(4–5), 503–511. Online: <https://doi.org/10.2166/wst.2006.154>
- NAGY László szerk. (1970): *A vízgazdálkodás fejlődése*. Budapest: TIT.
- ORGOVÁNYI Péter (2023): Közüemi vízellátó hálózatok veszteségelemzésének hatékonyságnövelése térinformatikai módszerrel. *Műszaki Katonai Közöny*, 33(1), 95–105. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.7>
- ORGOVÁNYI Péter – BERGER Ádám (2022): A klímaváltozás hatásai és mérséklési lehetőségeik a Homokhátsági tájegységen. In *XXVII. Ifjúsági Napok. Programfüzet*. Baja: Magyar Hidrológiai Társaság – NKE VTK.
- ORGOVÁNYI Péter – DALKÓ Ilona (2019): A csatornázottság hazai helyzete statisztikai adatok alapján. *Védelem Tudomány: Katastrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 4(4), 154–166. Online: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13366/10792>
- ORGOVÁNYI, Péter – KARCHES, Tamás (2024): GIS-Based Model Parameter Enhancement for Urban Water Utility Networks. *Urban Science*, 8(2), 35. Online: <https://doi.org/10.3390/urbansci8020035>
- ORGOVÁNYI Péter – SALAMON Endre (2019): Térinformatika alkalmazása víziközműves szakmai tárgyak oktatása során. In MOLNÁR Vanda Éva (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában*. Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, 233–238. Online: http://giskonferencia.unideb.hu/arch/GIS_Konf_kotet_2019.pdf
- ORMSBEE, Lindell E. (2006): The History of Water Distribution Network Analysis: The Computer Age. In BUCHBERGER, Steven G. et al. (szerk.): *Water Distribution Systems Analysis Symposium 2006*. Cincinnati, OH: ASCE. Online: [https://doi.org/10.1061/40941\(247\)3](https://doi.org/10.1061/40941(247)3)
- PAPP Mária et al. (2008): *Minta terv készítése, minta tartalmi elemek a vízellátó rendszerek rekonstrukciós tervének összeállításához. A magyarországi vízellátó rendszerek rekonstrukciós tervezésének főbb elemei*. Budapest: Magyar Víziközmű Szövetség.
- PRAJCZER Tamás (2010): Geokódolás. *Térképek. Ptolemaistól a Google Maps API-ig*, 2010. február 21. Online: www.terkepem.blogspot.com/2010/02/geokodolas.html
- PUUST, Raido et al. (2010): A Review of Methods for Leakage Management in Pipe Networks. *Urban Water Journal*, 7(1), 25–45. Online: <https://doi.org/10.1080/15730621003610878>
- ROSSMAN, Lewis A. (2000): *EPANET 2. Users manual*. Cincinnati, OH: United States Environmental Protection Agency National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development.
- SARISEN, Dondu et al. (2022): Review of Hydraulic Modelling Approaches for Intermittent Water Supply Systems. *AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 71(12), 1291–1310. Online: <https://doi.org/10.2166/aqua.2022.028>
- SCHUSTLER József (1897): Városok vízellátása és csatornázása az ezredéves országos kiállításon. *A Magyar Mérnök és Építész Egylet Közönye*, 31(1–12), 16–22.
- YU, Tian et al. (2010): Construction of Water Supply Pipe Network Based on GIS and EPANET Model in Fangcun District of Guangzhou. In *2010 Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing, Qingdao, China, 2010*. Piscataway, NJ: IEEE, 268–271. Online: <https://doi.org/10.1109/IITA-GRS.2010.5604123>