



Dulovics Junior Szimpózium
2022. március 9.

Absztraktfüzet

Tartalomjegyzék

Csökkenő vízhasználat hatásai a szennyvíztisztítás levegőztetési költségeire, optimalizációs lehetőségek	2
Nagyvárosi szakaszos levegőztetésű eleveniszapos szennyvíztisztító telep anoxikus bioreaktorának hatékonyság-vizsgálata.....	5
Sómentesítési módszerek összehasonlító értékelése: fordított ozmózis és termikus eljárások	7
Szivárgási tényező meghatározására szolgáló elméleti módszerek ellenőrzése kismintamodellezéssel	9
Profilmérés az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep hatékonyságának növeléséhez.....	12
Szennyvíztisztító Telepen működő ko-fermentációból keletkező biogáz hasznosításának energiabiztonsági vizsgálata	14
Napenergia kiaknázása a vízi közmű rendszerek üzemeltetésében.....	16
Vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képesség változásának vizsgálata terepi mérésekkel	18
Ivóvízhálózatok szivárgáscsökkentő topológia optimalizációja és szivárgási paraméter kalibrációja	20
Hydrobot.....	23
Hogyan méretezzünk csapadékvízgyűjtő tartályt?.....	26
Tolózárak kritikussága ivóvízhálózatokban	28

Csökkenő vízhasználat hatásai a szennyvíztisztítás levegőztetési költségeire, optimalizációs lehetőségek

Bencsik Dániel*, **

* Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2 Ludovika tér, H-1083 Budapest, Magyarország

** Dynamita, SARL, 2015 route d'Aiglun, 06910 Sigale, Franciaország (E-mail: daniel@dynamita.com)

Kulcsszavak

vízfogyasztás; szennyvíztisztítás; levegőztetés

A VÍZFOGYASZTÁS LEVEGŐZTETÉSRE GYAKOROLT HATÁSAINAK HÁTTERE

A szennyvíztisztítás egyik fő költségvetését – a levegőztetést – jelentősen befolyásolja a kezelendő víz összetétele. A töményebb szennyvizek jellemzően rosszabb gáz-folyadék átadási képességekkel bírnak, lebontásuk pedig magasabb oxigénigénnyel jár; növelve a fúvók energiaigényét.

A Magyarországon üzemelő csővezetékek döntő része a valónál nagyobb mennyiségi igényekre lett méretezve, a rendszerváltás óta a lakossági vízfogyasztás mértéke csökken; a szennyvizek töményebbek és jelentős zsírtartalommal jellemezhetőek. A szerves komponensekkel együtt a felületaktív anyagok is nagyobb koncentrációban vannak jelen, a gátolt anyagátadás révén is növelve a levegőfelhasználást (Leitner, 2002). E tanulmány célja, hogy a felvázolt problémára költségcsökkentési megoldásokat tárjon fel, szennyvíztechnológiai oldalról.

Módszertan a szennyezőanyagok oxigénátadásra gyakorolt hatásának előrejelzésére

Levegőztetett medencékben a szennyvízre és a tiszta vízre vonatkozó oxigénbeviteli hatékonyság arányát az alfa (α) tényezővel fejezik ki. Ezen tényező értéke műveleti egységenként és időben változik, a szennyezőanyagok terhelési körülményeinek megfelelően (Karches, 2020).

Jelen szimulációs tanulmányban egy α előrejelzésére kidolgozott módszertan (Bencsik et al., 2021) kerül alkalmazásra, a megnövekedett szervesanyag-frakciók levegőigényre gyakorolt hatásainak számszerűsítése, illetve a velük járó költségek minimalizálása céljából. A tanulmány egy közép-európai szennyvíztisztító telep mintáján alapul, a Sumo21 szoftver használatával. Az alkalmazott

modell a vízminta felületaktív anyag-tartalmát jellemző indikátorból számítja az α tényezőt:

$$\alpha = S_{ALPHA} / \text{corr}_{h_{diff},\alpha} \cdot \text{corr}_{TSS,\alpha} \quad (1)$$

ahol S_{ALPHA} az ún. alfa indikátor, $\text{corr}_{h_{diff},\alpha}$ a mélység-korrekciós tag és $\text{corr}_{TSS,\alpha}$ a TSS-korrekciós tag.

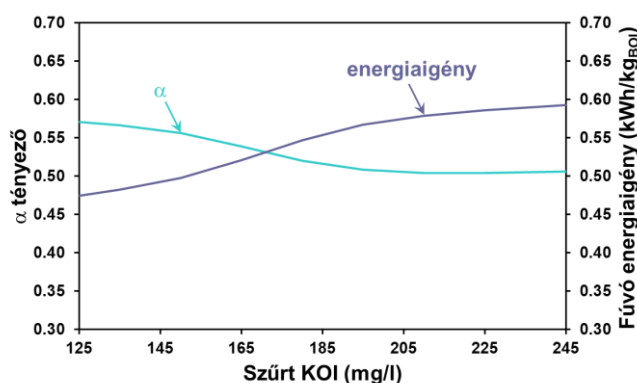
Az indikátor időegység alatti változását a kinetikai modell komponensmérlege határozza meg:

$$\frac{dS_{ALPHA}}{dt} = \frac{Q_{S,ALPHA,in} - Q_{S,ALPHA,out} + \text{rate}Q_{S,ALPHA}}{V_r} \quad (2)$$

ahol $Q_{S,ALPHA,in}$ az indikátor befolyó hozama (m^3/d), $Q_{S,ALPHA,out}$ az indikátor elfolyó hozama (m^3/d), $\text{rate}Q_{S,ALPHA}$ a folyamatsebesség (m^3/d) és V_r a reaktortérfogat.

Szennyezőanyagok és a levegőztetési energiaszükséglet összefüggésének felvétele

A befolyó szennyvízminőségi paraméterek közül főképp az oldott és kolloidális szerves komponensek befolyásolják az oxigén tömegátadását (Odize et al., 2016). Az 1. ábra bemutatja a szűrt KOI koncentráció függvényében modellezett α tényező szennyvíztelepi átlagos értékeit, és a BOI eltávolításra vonatkoztatott fajlagos energiafogyasztást.



1. ábra: Oldott és kolloidális szervesanyag-koncentráció hatása a levegőztetésre

A modellszintű vizsgálat 12 °C vízhőmérsékleten, $4.6 \text{ kg}_{TSS}/\text{m}^3$ iszapkoncentrációval és 8 nap iszap tartózkodási idővel üzemeltetett eleveniszapos A2O telepkonfiguráció alapján készült, az α értékek kb. 4 hónapja tisztított membrán levegőztető elemekre értelmezhetők. A szimulációk alapján, a $210 \text{ mg}_{KOI}/\text{l}$ felett stagnáló α értékek mellett a levegőigény – a biomassza oxigénfogyasztása miatt – enyhén továbbra is nő. A vizsgált szűrt KOI tartományban az energiaigény növekménye azonban többnyire az α csökkenésének, tehát a rosszabb anyagátadásnak tudható be.

JAVASLATTÉTEL A TÖMÉNY SZENNYVIZEK LEVEGŐZTETÉSI KÖLTSÉGCSÖKKENTÉSÉRE

Napjaink helyzetképeire jellemzően, 240 mg/l befolyó szűrt KOI koncentráció esetére kerültek összehasonlításra alternatív technológiai sémák. Optimális megoldásnak bizonyult a vizsgált telep biofilm hordozókkal való intenzifikálása, így növelhető a biotömeg koncentráció – kedvezően a felületaktív anyagok eltávolításának, potenciálisan 12%-kal csökkentve a levegőztetés fajlagos energiaköltségét (az α tényező azonos nagyságrendű növelésével). Membrán levegőztetett biofilm rendszerrel akár negyedére is csökkenthető az energiaigény, viszont, csak erre a célra, a jelenleg elérhető berendezések nagy beruházási költsége miatt gyakorlatban ez nem megtérülő alternatíva.

SZAKIRODALOM

2. Bencsik, D., Takács, I., Budai, P., Rosso, D. (2021). The last barrier to accurate aeration design: The alpha factor – How to predict in time and along the reactor. *WRRmod2021 conference proceedings*, International Water Association (IWA), pp. 130-134.
3. Karches, T. (2020) Reaktormodellek szerepe a szennyvíztisztításban. *Dialóg Campus*. ISBN:978-963-531-134-7
4. Leitner, L. (2002) Jól jár-e valaki a vízfogyasztás csökkenésével? Avagy a szennyvíz mennyiség csökkenésének veszélyei üzemeltetői szemmel. *A Magyar Hidrológiai Társaság XX. Országos Vándorgyűlése I. kötet*, 163–167.
5. Odize, V., Novak, J., Al-Omari, A., Rahman, A., Rosso, D., Murthy, S., De Clippeleir, H. (2016) Impact of organic carbon fractions and surfactants on oxygen transfer efficiency. *Proceedings of the Water Environment Federation 2016* (9), 3940-3947. DOI: 10.2175/193864716819713664

Nagyvárosi szakaszos levegőztetésű eleveniszapos szennyvíztisztító telep anoxikus bioreaktorának hatékonyság-vizsgálata

Bükkszegi Arlen Zsolt

* Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Tudományos Diákköri Konferencia 2020, 2021 november (arlen.bukkszegi@gmail.com).

Kulcsszavak

üzemeltetés, hatékonyság-vizsgálat, szennyvíztechnológia

ÖSSZEFOGLALÓ

A nitrogén eltávolítása két lépésben történik. A nyers szennyvízben leggyakrabban redukált formában vannak jelen a szerves nitrogén származékok (ammónium; kis részben aminok formájában). A nitrogén-eltávolítás első fázisában oxidáció megy végbe (azaz a nitrifikáció), amit autotróf mikroorganizmusok végeznek. A nitrifikáció után második lépésben denitrifikáció megy végbe, melynek során a nitrátból elemi nitrogéngáz keletkezik, ami a szennyvízből buborékok formájában eltávozik. A denitrifikáció folyamatához szerves tápanyag jelenléte és oldott oxigén mentes környezet szükséges, hiszen a denitrifikáló szervezetek heterotróf mikroorganizmusok. A denitrifikációra szolgáló anoxikus medencék ezért nincsenek levegőztetve, a rendszer megfelelő átkeverését beépített keverő biztosítja.

A nitrogén eltávolítandó a szennyvíztisztítás folyamán, mert a vízi élő szervezetekre súlyos egészségügyi hatású, karcinogén nitrogyeületek képződhetnek.

Többféle reaktor konfiguráció létezik a denitrifikáció technológiai kivitelezéséhez. Van előrekapcsolt, kaszkádos, szimultán és alternáló denitrifikáció. A dolgozatomban bemutatott medence előrekapcsolt denitrifikációval kombinált szakaszos levegőztetéssel működik. A nitrogén eltávolítása a rendszerből denitrifikációval történik.

A vizsgált műtárgy egység egyik anoxikus medencéjébe innovatív megoldást jelenthetne egy újonnan kifejlesztett szabályozható teljesítményű keverő telepítése. Ennek tervezett pozíciója a jelenleg üzemelő állandó fordulatszámú keverőtől eltérő helyre kerül kísérleti jelleggel. Előzetes mérések azt igazolták, hogy a vizsgálandó anoxikus medencét követő eleveniszapos medencében alkalmazott szakaszos levegőztetés miatt az anoxikus medencékben a nitrát eltávolítás csekély. Mivel aktuálisan nem ismert az anoxikus medence nitrogén eltávolítási határfokának alakulása egy napon belül, ezért ehhez folyamatos nitrogénmeghatározásra van szükség. Egy napon belül három terhelési esetről a műtárgy egy-egy reprezentatív pontján mintavétel végezhető, melyből felállíthatók az anoxikus medencére jellemző nitrogénmérlegek. A mérés célja, hogy a nitrogénmérlegek felállításával bemutassam, hogy különböző terhelések mellett hogyan változik a denitrifikáció határfoka a vizsgált anoxikus medencében, valamint, hogy előkészítő méréseket végezzek egy átfogóbb kutatás áramlásméréseihez, és a leendő műtárgy elem költséghatékonyabb működtetése érdekében.

Sómentesítési módszerek összehasonlító értékelése: fordított ozmózis és termikus eljárások

Do Thi Huyen Trang*, Tóth András József**

BME-VBK Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék, Környezeti és Folyamatmérnöki Kutatócsoport,
1111, Budapest, Budafoki út 8.

*dothihuyentrang.bme@gmail.com

**andrasjozseftoth@edu.bme.hu; +36 1 463 1494

Kulcsszavak

Sómentesítés, RO, MSF, MED

KIVONAT

Napjainkban az ivóvízhiány egyre nagyobb méreteket ölt, elsősorban a gyors népességnövekedés, az éghajlatváltozás, a pazarló túlhasználat és a szennyezés miatt. A jelenlegi körülmények között a világ lakosságának egynegyede nem jut jó minőségű ivóvízhez. Sőt, 2050-re a világ népességének fele, akár 5 milliárd ember is érintett lehet. Ezért más megoldást kell alkalmazni azokon a területeken, ahol nincs elegendő édesvíz. Az egyik lehetséges irány a tengervíz sótalanítása, amely az egyik legpraktikusabb megoldás az ivóvízhiány problémájának megoldására a csekély édesvízkészlettel rendelkező olajkitermelő, gazdag országok esetében.

A három leggyakrabban alkalmazott sómentesítési technológia a fordított ozmózis (RO), a többfokozatú gyors desztilláció (MSF) és a többszörös hatású desztilláció (MED). Az előadás során a sómentesítési technológiák előnyei és hátrányai kerülnek kiértékelésre. Két módszer alapján vizsgáltuk a tengervíz sótalanítását: élelciklus elemzést (LCA) végeztünk a SimaPro Life Cycle Analysis szoftver 9.1-es verziójával, illetve karbonlábnyom (carbon footprint) elemzést. A három sómentesítési technológia esetében elemeztük a fosszilis és megújuló energiaforrásokkal előállított ivóvíz üvegházhatásúgáz-kibocsátását (ÜHG). Ennek eredményeként megállapítottuk, hogy az RO-technológia CO₂-kibocsátása jelentősen alacsonyabb, mint a termikus technológiáké

(MSF és MED). Az RO kombinálása megújuló energiával minősült a leginkább környezetbarátnak; kiemelkedő előnyöket biztosít az emberi egészség és az ökoszisztéma minősége szempontjából. Ez a technológia a jövőben még fejlődhet a hosszabb élettartamú, olcsóbb membránok előállításával, továbbá a folyamat energiaigénye a modern energia-visszanyerő rendszerek alkalmazásával még alacsonyabb lehet.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció az OTKA 128543, az OTKA 131586, a MEC 140699 és az NTP-NFTÖ-21-B-0014 pályázatok támogatásával készült. A jelen publikációban megjelenő kutatások az ITM NKFIA által nyújtott TKP2020 NKA támogatásból, az NKFIH által kibocsátott támogatói okirat alapján valósultak meg (projekt azonosító: TKP2020 BME-NKA).

Szivárgási tényező meghatározására szolgáló elméleti módszerek ellenőrzése kismintamodellezéssel

Gazda Fanni*, Farkas Dávid*, Farkas-Karay Gyöngyi*

* Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Építőmérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.

Kulcsszavak

szivárgási tényező, kismintamodell, szemeloszlási görbe

ABSZTRAKT

Számos építőmérnöki tervezési folyamathoz nélkülözhetetlen adatot jelent a vizsgált földtani közeg szivárgási tényezője. Ezen talajfizikai paramétert több módszerrel is meghatározhatjuk, melyek közül az egyik leggyorsabb és legköltséghatékonyabb a szemeloszlási görbén alapuló elméleti összefüggések használata. A szakirodalomban sok elméleti összefüggést találhatunk, melyek különböző alkalmazhatósági határokkal, más-más talajféleségeknél használhatók.

A kutatás célja volt, hogy a kiválasztott 21 darab elméleti összefüggés használhatóságát ellenőrizzük, ehhez viszont olyan talajmintákra volt szükség, melyeknek a szivárgási tényezője ismert. A szivárgási tényezőt laboratóriumi körülmények között egy szivárgáshidraulikai kismintamoddellel határoztuk meg, aminek megbízhatóságát korábbi publikációk igazolták [1]-[6]. A fizikai modellezés során egy közepes homok, valamint egy kavicsos homok talajmintán végeztünk méréseket.

A laboratóriumi mérésekből, valamint a 21 darab szemeloszlási görbét felhasználó elméleti módszerből kapott szivárgási tényezőket összevetve rangsort állapítottunk meg az összefüggések között. Ezek alapján a közepes homok talajra a USBR [7], Harleman [8] és Slichter [9] módszerek, kavicsos homokra a USBR, Harleman és Terzaghi [10] módszerek bizonyultak megbízhatónak. A két talajmintára együttesen a USBR módszer alkalmazható a legkisebb hibával. Az eredményeket több korábbi, független kutatás megállapításai is igazolták.

A továbbiakban bővíteni kívánjuk a laboratóriumban vizsgált talajféleségek spektrumát annak érdekében, hogy minél nagyobb szivárgási tényező tartományra tudjunk javaslatot adni az elméleti

módszerek megbízhatóságát illetően.

SZAKIRODALOM

1. Barta, E., Hajnal, G., Karay, Gy., Vasvári, V. (2013). Determination of the Coefficient of Permeability by Physical Model test and Numerical Modelling, Proceedings of the 35th IAHR Congress, Chengdu, Kína, 2013.09.08-2013.09.13. Beijing: Tsinghua University Press, 2013. Paper CD. 11 p. (ISBN:978-7-89414-588-8)
2. Barta, E., Hajnal, G., Veczán, É., Vasvári, V. (2012). Bestimmung des durchlassigkeitsbeiwertes mithilfe von modellversuchen, in: zenz g (ed.): Wasserbau symposium 2012: Global Denken - Lokal Handeln. 672 p. Graz: verlag der Technischen Universität Graz, 2012. Pp. 307-314. (ISBN:978-3-85125-230-9)
3. Vig, T., Farkas, D., Hajnal, G. (2016). Szivárgási tényező vizsgálata kisminta kísérlet és numerikus modell segítségével In: Török, Á; Görög, P; Vásárhelyi, B (szerk.), Mérnökgeológia – Kőzetmechanika, Budapest, Magyarország, Hantken Kiadó, pp 43-54
4. Farkas, D. (2021). Szivárgáshidraulikai kismintamodell igazolása terepi mérésekkel, Hidrológiai Közlöny, 101. évf.: 4. szám pp 26-35.
5. Farkas, D., Hajnal, G., Vasvári, V. (2019). Validation of a Physical and Numerical Model to Solve Problems of Seepage Flow. Periodica Polytechnica – Civil Engineering 63(2) pp. 388-400.
6. Farkas, D., Hegedűs, N., Farkas-Karay, Gy. (2019). Szivárgási tényező laboratóriumi meghatározása szemeloszlási görbe és kismintamodell felhasználásával, Hidrológiai Közlöny 99(4) pp 42-51.
7. Biały, Z. (1966). O usrednieniu współczynników filtracji z zastosowaniem elektronicznej cyfrowej maszyny matematycznej [Averaging filter coefficients using digital electronic mathematical machines]. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Warsaw, Poland, 47 p. Blohm, F. J. A. 2016. Determination of Hydraulic Conductivities through Grain-Size Analysis, Ms.c. Thesis, Boston College, Department of Earth and Environmental Sciences.
8. Harleman, D.R.F., Melhorn, P.F., Rumer, R.R., 1963. Dispersion-permeability correlation in porous media. Journal of the Hydraulic Division, 89, 2, 67–85.
9. Slichter, C. (1898). 19th Annual Report: Part II – Papers Chiefly of a Theoretic Nature, chapter Theoretical Investigation of the Motion of Ground Waters, pp. 295-384. US

Geological Survey.

10. Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. John Wiley, New York, London. 510 p.
- Arfeen, N., Khan, T. A. 2020. Evaluation of PSD Models for the Estimation of Hydraulic Conductivity for Different Soil Textural Classes, International Journal of Engineering Works, Vol. 7, Issue 10, PP. 338-341, <https://doi.org/10.34259/ijew.20.710338341>

Profilmérés az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep hatékonyságának növeléséhez

Havas Kitti¹, Tóth Dániel²

¹ Technológus mérnök, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep

(E-mail: havask@fcsm.hu)

² Technológus mérnök Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep

(E-mail: tothd@fcsm.hu)

Kulcsszavak

Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep; eleveniszapos szennyvíztisztítás; profilmérés; hatékonyságnövelés

BEVEZETÉS

Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep 200 ezer m³/nap-os kapacitással Magyarország második legnagyobb szennyvíztisztító telepe. A befolyó szennyvíz egy része gravitációs csatornahálózaton, másik része nyomóvezetéken keresztül jut a tisztítótelepre. A mechanikai tisztításon átesett szennyvíz a kettő, párhuzamosan kapcsolt eleveniszapos biológiai tisztítási vonalra kerül, ahol a szervesanyag, valamint az oldott szennyezőanyagok eltávolítása történik. Az ún. „A”, illetve „B” tisztítási vonal egyenként 4-4 szekcióra osztott műtárgyblokk, az A-vonali szekciók esetében 58 300 m³-es, míg a B-vonali szekciók esetében 50 480 m³-es térfogattal. Mindkét reaktor előre kapcsolt anoxikus zónákkal, majd szakaszosan levegőztetett medencerészekkel lett kialakítva. A biológiai nitrogén-, illetve a kémiai foszforeltávolítás egyaránt lejátszódik az eleveniszapos medencékben.

KUTATÁS CÉLJA

A biológiai tisztítás során lejátszódó folyamatok nyomon követése, valamint ezek hatékonyságának növelése érdekében profilméréseket alkalmaztunk. A szennyvíztisztítási folyamat legnagyobb energiaigénye az eleveniszapos medencék levegőztetésénél jelentkezik. Ennek optimalizálásával jelentősen csökkenthető az energiafelhasználás, ezáltal gazdaságosabbá válhat a teljes tisztítási

folyamat. A megfelelő levegőztetési program beállítása továbbá javít a szennyezőanyagok eltávolításának hatékonyságán, melynek következtében javul a kibocsátott tisztított szennyvíz minősége, csökken a környezetterhelés. A befogadóba bocsátott szennyezőanyagok alapján a Tisztítótelepek vízterhelési díj megfizetésére kötelezettek, így a kibocsátott szennyezőanyag terhelésnek közvetlen költségvonzata is felmerül. A Duna, illetve végső befogadónk, a Fekete-tenger élővilágának megóvása érdekében szintén fontos az elsősorban növényi tápanyagok minél nagyobb határfokon történő eltávolítása. Kutatásunk fő célja a fentebb említett hatások mérséklése, ezáltal az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep üzemeltetési költségeinek minimalizálása.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az eleveniszapos tisztítási folyamat monitorozása számos online mérőműszer segítségével történik, ezáltal átfogó képet kapunk az egyes részfolyamatok alakulásáról. A Telepen kihelyezett analizátorok által meghatározható a szennyvíz ammónium, nitrát, valamint foszfát tartalma.

Méréseink során a szennyvíztisztító telepre befolyó szennyvíz, az átlagosan 24-26 óras tartózkodási idő, valamint a műtárgyak kapacitását figyelembe véve, következetesen választottuk ki a mintavételi pontokat. A különböző pontokból vett minták bevizsgálásához az FCSM Zrt. Környezetvédelmi Osztályának Laboratóriumi Csoportja nyújtott segítséget. Végezetül az eredményeket kiértékeljük, majd a hatékonyságnövelés érdekében kitűzött célokat megfogalmazzuk. Ezen kutatással az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep üzemeltetése optimalizálható.

Szennyvíztisztító Telepen működő ko-fermentációból keletkező biogáz hasznosításának energiabiztonsági vizsgálata

Molnárová Viktória*

* Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. 1087 Budapest, Asztalos Sándor út 4. (E-mail: vyctoria.ria@gmail.com)

Kulcsszavak

Szennyvíztisztítás, energiahatékonyság, energiabiztonság

ABSZTRAKT

Világunk egy változó, átmeneti időszakát éli, a növekvő igények kielégítését felemésztő erőforrások és a habzsoló életmód mérhetetlen károkat okoznak környezetünkben. A probléma súlyossága és a visszafordíthatatlan rombolás, arra készítette az Európai Uniót, hogy megalkossa irányelveit, stratégiáit, cselekvési terveit, amelyek mérsékelik vagy visszafordítják környezetünkre gyakorolt hatásunkat. Munkámban az Európai Unió egyik legfontosabb és legégetőbb témájával a külső energiaforrásoknak való kiszolgáltatottsággal, az energiabiztonság kérdéskörével foglalkozom. Az energiabiztonság lehetőségeit a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep működésén keresztül vizsgálom. A telep a 2016. évben az Energiairányítási Rendszer bevezetése és a monitoring rendszer visszacsatolásai segítségével folyamatosan növelte energiahatékonyságát és energiabiztonságát. A telep 2021. év őszére elérte, hogy saját maga által felhasznált energián túl többlet energiát táplált ki a hálózatra. A telep rövid- és középtávú beruházási terveiben szereplő energiahatékonyságot megcélzó beruházásai mellett a kitáplált értékben még további növekedés várható. A Dél-pesti Telep energiaáramainak vizsgálata során további lehetőséget találtam az elfáklázott biogáz éves mennyiségében. A projekttervként kitűzött biogáz biometánná történő tisztítása, majd a földgázhálózatba való betáplálása összetett és sok lépcsős feladat. Az első akadály, amely miatt a hazai viszonylatban ez az eljárás még nem elterjedt, az a jogszabályi környezet hiányossága és bizonytalansága. Kutatásom során rá kellett jönnöm, hogy a földgázhálózatba való biometán táplálás nem minden szennyvíztisztítótelep életében adathat meg. A folyamat sokrétű, és egy rendszerként áll össze, ahol minden összefügg mindennel. Ahhoz, hogy egy szennyvíztisztító telep akár csak saját igényeit el tudja látni, kiszolgáltatott a szennyvíz mennyiségének, annak minőségének és egy nagyon fontos paraméternek a beszállított szerves hulladéknak. A kutatott Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep esetében kedvező eset áll fenn, mivel a telep évente több millió kilogramm szerves hulladékot fogad, amely a szennyvízzel keverve a mezofil rothasztókban, 13-18 nap alatt magas metán tartalmú biogázt termel. A fentebb leírtak alapján úgy gondolom, hogy a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep működésében adottak azok a feltételek és lehetőségek, hogy az elfáklázott biogázt gazdaságosan a földgázhálózatba táplálják,

amellett, hogy a telep továbbra is önfenntartó lehessen. A betervezett középtávú beruházások megvalósulása után pedig üzemben belüli biogáz átcsoportosítással még nagyobb mennyiség válna kitáplálhatóvá. Munkám ezen lehetőség felvetésével és kutatásaival foglalkozik. Amennyiben az elfáklyázott biogáz tovább-hasznosítása az FCSM Zrt. Vezetőségének figyelmét is felkelti, további kutatások, tanulmányok készítése és a földgáz szolgáltatóval történő egyeztetés szükséges. Bízom abban, hogy munkám egy új irány elindítója a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep életében és hozzájárul egy decentralizált energiahálózat kialakulásához.

SZAKIRODALOM

1. Európai Bizottság dokumentumai, Európai Parlament és Tanács rendeletei
2. Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. belső szabályzatai, üzemeltetési utasításai
3. Kárpáti Árpád et al [2014]: Szennyvíztisztítás korszerű módszerei. Környezetmérnöki Tudástár 2014. p 280.
4. Mezősi András et al [2018]: A 2030-as megújuló energia-arány elérésének költségbecslése. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont 2018. p 129.
5. Öllős Géza [1992-1993]: Szennyvíztisztítás I-II. Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktovábbképző Intézet 1992-1993. p 265, p 264.
6. Öllős Géza et al [2010]: Rothasztás. Magyar Víziközmű Szövetség 2010. p 1090.
7. Patziger Miklós [2018]: Közepes és kis szennyvíztisztító telepek hatékony üzemeltetése, Technológiai Ismeretek. Magyar Víziközmű Szövetség, 2018. p 130.
8. Szunyog István [2009]: A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi feltételrendszere Magyarországon, Doktori Értekezés. Miskolci Egyetem 2009. p 103.

Napenergia kiaknázása a vízi közmű rendszerek üzemeltetésében

Németh Evelin, üzemirányító mérnök

Evelin.Nemeth@vizmuvek.hu

Fővárosi Vízművek Zrt.

ABSZTRAKT

A Fővárosi Vízművek 1868 óta felelős Budapest és az agglomerációs területek kiváló minőségű ivóvízellátásáért a nap 24 órájában. Továbbá biztosítja, hogy az ipari szereplők is hozzáférjenek friss, egészséges ivóvízhez, kielégíti az extra vízigényeket és ezt képes biztosítani még a nyári, kisvizes aszályos időszakban is. Teszi mindezt úgy, hogy az alapítók örökségét megőrizve a Duna kavicsbordalékával feltöltött területeken kialakult parti szűrésű technológiát kiaknázza, de emellett a XXI. századi szemléletnek megfelelően energia-hatékonyan korszerűsítse és bővítse azt. Stratégiai célja, hogy az energiafelhasználás 50%-át megújuló energiaforrással elégítse ki, ezzel is növelve az ellátásbiztonságot és hatékonyságot, csökkentve viszont a külső energia függést és a villamosenergia költségét.

Ezt támogatva, a szennyvíztisztításban korábban már a zöldenergia-és biogáz termelés kapcsán is voltak előrelépések, 2018 augusztusában pedig elindította a Napelemes energiatermelés programot, amelynek eredményeképp 2021 év végére már 24 telephelyünkön folyamatos napelemes energiatermelés folyik, az önellátásunk évről-évre fokozatosan nő és a CO2 kibocsajtást közel 2500 tonnával csökkentettük az évben. Arra törekszünk, hogy a napelemek által megtermelt energia minél nagyobb szinten legyen kihasználva. A normál üzemeltetés határaihoz hamarosan elérkezünk, ezért jogosan tehetjük fel a kérdést: hova tovább? Hogyan tudjuk a vízi közmű ágazatban is fenntartani azt a folyamatosan növekvő tendenciát a fenntarthatóság és az energiahatékonyság jegyében, mint ahogy azt teszik a különböző szektorok élenjárói? Ennek érdekében elemeztük a jelenlegi ivóvízes üzemeltetési gyakorlatot és a meglévő, valamint bővíthető napelemes energiatermelésünket. A cél, a medencéink energitárolóként történő alkalmazása, kihasználva azt az időszakot mikor az alternatív energiaforrás által megtermelt plusz villamos energia a rendelkezésünkre áll.

A jelenleg is érvényben lévő üzemeltetési sajátosság, hogy a medencéink töltődése a

legalacsonyabb vízfogyasztású napszakban, az éjszakai holt időszakban történik, így biztonságosan kielégíthető a napközbeni fogyasztási csúcsok vízigénye a fogyasztóink számára. A hasznosítható napelemes termelés viszont – elhagyva az évszakos eltéréseket – reggel 6 órától, este 6 óráig tart. Annak érdekében, hogy ezt kiaknázzuk a medencetöltést hozzáigazítva, a nappali órákban kellene megtenni. Vállalatunk a vizsgált területen rendelkezik egy saját, egybefüggő 10kV-os elektromos hálózattal, így a megtermelt energia kitáplálás nélkül felhasználható.

Összeállítottunk egy módszertant, ami kitér a kritikus napszakok és üzemi szélsőértékek definiálására, a felhasználható maximális kapacitás meghatározására, valamint egy olyan folyamatos monitoring rendszer alkalmazására, mellyel az új stratégia lépcsőzetes bevezetése a kiváló minőségű ivóvízellátás mellett biztosítható.

Vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képesség változásának vizsgálata terepi mérésekkel

Strausz Tímea

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, TDK dolgozat, Budapest, 2021

Konzulensek:

Varga Laura, Doktorjelölt, BME-ÉMK-VKKT;

Ács Tamás, tudományos segédmunkatárs, BME-ÉMK-VKKT

Decsi Bence, Doktorjelölt, BME-ÉMK-VKKT;

Kulcsszavak

vízáteresztő burkolat, telített vízáteresztő képesség, eltömődés, csapadék

ABSZTRAKT

A vízáteresztő burkolatok és pályaszerkezetek a kék-zöld infrastruktúra megoldások közé tartoznak, melyek a város vízgyűjtőjére hulló csapadékvizek visszatartását, tározását, párologtatását és talajba szivárgását segítik elő. Világszerte és Magyarországon is egyre gyakrabban alkalmazzák városi közlekedési felületek burkolataként, ezzel elősegítve a csapadékvízzel való gazdálkodást és a mikroklíma javítását.

A vízáteresztő burkolatok egyik legfontosabb tulajdonsága a felszíni réteg vízáteresztő képessége. A vízgyűjtőkről lefolyó finomszemcsés szennyezőanyagok következtében rendszeres tisztítás nélkül a burkolatok eltömődnek, ezért fontos, hogy rendszeres mérésekkel nyomon kövessük az időbeli változásokat.

A dolgozat célkitűzése, hogy felmérje a Magyarországon korábban telepített vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képességének jelenlegi állapotát, és elemezze az eltömődés sebességét az egyes területeken. A vizsgálat helyszínéül Budapestet választottuk. A fővárosban műgyantával stabilizált szórt kavics burkolatok és öntött gumi burkolatok formájában találkozhatunk ezen

burkolat típusokkal, szabad terek járda felületeit, játszóterek burkolatát, illetve favermek borítását alkotva.

A kutatás során 18 budapesti helyszínen végeztem felszíni beszivárgás tesztek 2020 és 2021 között. A dolgozatban a 2020-ban végzett mérések eredményeit vetem össze az új mérésekkel, ezáltal képet kapva arról, hogy a burkolatok felszíni vízáteresztő képessége hogyan változik hosszabb időtávon.

A 2021-es mérések során a korábbi mérési helyszíneken ugyanazon mérési pontokon végeztem méréseket. Valamint további mérési pontok is kijelölésre kerültek, annak érdekében, hogy képet kaphassunk a burkolat vízáteresztő képességének térbeli változékonyságáról egy helyszínen belül. A vizsgált helyszíneken belül kisebb-nagyobb változékonyságot tapasztaltunk, amely rámutat a több alkalommal történő méréseknek a szükségletére a burkolatok rendszeres állapotfelmérése során.

A mérések során szimpla gyűrűs infiltrációs tesztet alkalmaztam, azonban ennek hátránya, hogy az oldalirányú elszivárgás miatt a függőleges vízáteresztő képességi együttható felülbecslésével járhat. Annak érdekében, hogy képet kaphassunk arról, hogy a vizsgált burkolat típusok estében, érvényesül-e ilyen hatás a Bikás park, Kalóztenger játszótér helyszínen méréseket végeztünk szimpla- és dupla gyűrűs infiltróméterrel egyaránt. Nem találtunk egyértelmű különbséget az egy- és kétgyűrűs módszerrel mért vízáteresztő képességi együttható között. Az azonos módszerekkel végzett ismételt vizsgálatok során több bizonytalanságot okozó folyamatot és hatótényezőt is észleltünk, mint: eltömődés, kimosódás, oldalirányú elszivárgás, térbeli heterogenitás stb. Az eredmények kiértékelését követően arra a következtetésre jutottunk, hogy az egyes folyamatokat laboratóriumi körülmények közt lenne érdemes megvizsgálni, ahol a bizonytalanságokat kontrollálni tudjuk.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Ivóvízhálózatok szivárgáscsökkentő topológia optimalizációja és szivárgási paraméter kalibrációja

Szabó Marcell*, Huzsvár Tamás*, Wéber Richárd*, Dr. Hős Csaba*

* Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék, Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., Magyarország (E-mail: marci.szabo75@gmail.com, thuzsvar@hds.bme.hu, rweber@hds.bme.hu, cshos@hds.bme.hu)

Kulcsszavak

ivóvízhálózat, szivárgás, nyomáscsökkentő szelep, kieső fogyasztó

ABSZTRAKT

Az előadás tárgya az ivóvízhálózatok vízszivárgásának csökkentése topológia optimalizációval. Abból fakadóan, hogy Földünk népessége egyre növekszik, várhatóan a 21-22. század egyik legkritikább és legértékesebb természeti kincse az ivóvíz lesz. A Föld népességét a jövőben csak korszerű és gazdaságosan üzemelő hálózatokkal fogjuk tudni ellátni. A jelenlegi helyzetet tekintve azonban ivóvízhálózataink nem ilyenek, majdnem minden régióban találhatóak olyan hálózatok ahol a kitermelt víz jelentős hányada a talajba visszaszivárog és szennyeződik, ahelyett, hogy a fogyasztók igényeit szolgálná ki. Ennek számos oka van, többek között az urbanizáció miatt az egykor korszerű és jól működő hálózatok darabos fejlesztése és újabb területek hozzácsatolása, amelynek következtében napjaink hálózataiban megtalálhatóak mind a legújabb technológiát képviselő polimer csövek, mind pedig az elmúlt százötven év során fektetett gömbgrafitos öntöttvas vezetékek. Az így kialakult összetett, bonyolult struktúrák folyamatos állapotellenőrzése szinte lehetetlen feladat, lévén egy közepes méretű város is már több száz kilométernyi csővezetékkel rendelkezik, ennek okán pedig szinte minden hálózaton találhatóak kisebb vagy nagyobb folyamatos szivárgások.

Munkánk során azt vizsgáljuk, hogy milyen strukturális módosítás végrehajtásával tudjuk e folyamatos veszteséget minimalizálni. Mivel a legtöbb szivárgási forma a nyomás függvénye, a topológia optimalizáció eszközét a nyomáscsökkentő szelepek hálózatba helyezése jelenti. Az opti-

malizáció pedig ezen szelepek optimális bekötési helyének, beállításának és számának meghatározására irányul.

Ahhoz, hogy e cél elérhetővé váljék, először a vizsgált ivóvízhálózatok szivárgáselemzése került elvégzésre, amely önmagában is egy optimalizációs folyamat, lévén ilyen esetben a hálózatra jellemző szivárgási konstans meghatározására volt szükség. Magát a szivárgáscsökkentést először egy genetikussal való kiosztással teszteltük, míg a szivárgási konstans kalibráció a Nelder-Mead technika alkalmazásával történt. Ezt követően egy direkt módszer kidolgozásával csökkentettük le a módszer futásidejét és terjesztettük ki a vizsgálható hálózatok méretét.

A módszer alapvetően szivárgás nyomásfüggő mivoltára épít, hiszen a szivárgás szakirodalmi konszenzus szerint a nyomás hatványfüggvénye:

$$q_v = K_f p_j^\beta$$

ahol q_v a csomópontokra redukált elszivárgott vízmennyiség, K_f a szivárgási paraméter, amelyet a hálózat csöveinek hossza és vízügyi adatok segítségével tudunk kalibrálni, p_j az adott csomóponti nyomás, β pedig tapasztalati konstans, a szakirodalom alapján értéke 1,18.

Ezek után az adott hálózatok gráfjainak homogén nyomászónákra való felbontása következett. Ezt egy úgynevezett klaszterező algoritmus tette meg, amely a hálózatok gráfjában keresett a csövek nyomásesései alapján homogén zónákat. A felhasznált klaszterező módszer neve Leiden technika és első ízben a közösségi médiában hasonló érdeklődési körű emberek azonosítására használták. Miután a kialakított zónákat definiáltuk, ezeket elkülönítve, nyomáscsökkentő szelepek alkalmazásával próbáltuk meg befolyásolni csomóponti nyomásaikat. A szelepeket a homogén zónák szélein helyeztük el, így létrehozva kisebb, nyomáscsökkentett zónákat.

A szelepek beállítása is fontos lépés volt, hiszen nyomásvesztésük nagyban befolyásolja a fogyasztói víznyomást. Ezt kihasználva definiáltuk az úgynevezett kieső fogyasztói hányadot, amely a szabványos, 1,5baros nyomás alatti csomópontok számát vette alapul. A módszer célja az volt, hogy kieső fogyasztói hányad nélkül is jelentősen lehessen csökkenteni a városi vízvesztést, ennek megfelelően állítottuk össze a célfüggvényeket is. A nyomáscsökkentő szelepek beállításait az úgynevezett differenciális evolúciós algoritmus állította be, mindvégig figyelve arra, hogy ne legyen kieső hányad növekmény a hálózatban. A vizsgálatot több valódi ivóvízhálózaton folytattuk le, különböző maximális nyomáscsökkentő szelep-szám mellett.

SZAKIRODALOM

1. Somos Éva: A csőbe zárt ivóvíz... (vagy mégsem?). Magyar Tudomány, 2011/12.
2. Araujo L. S. et. al.: Pressure Control for Leakage Minimisation in Water Distribution Systems Management, Water Resources Management (2006) 20: 133–149
3. Dini Mehdi & Asadi Asghar: Pressure Management of Large-Scale Water Distribution Network Using Optimal Location and Valve Setting, Water Resources Management (2019) 33:4701-4713

Hydrobot

Szegedi Melinda, Tóth Bence, Latorcai Levente, Vörös Armand

* BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Kulcsszavak

ivóvízhálózat, csőmonitorozás, problémafeltárás, robot, automatizálás

Vállalkozásunk

Hydrobot – automatizált ivóvíz csőmonitorozás

Autonóm csőhálózat monitorozó robot, amely kamerafelvételeket készít ivóvízszállító csövekben majd képelemző algoritmus segítségével megmondja a repedések pontos helyét a fenntartó számára

A probléma

Világszerte komoly problémát okoznak az ivóvíz infrastruktúrában lévő észrevétlen vízfolyások, amelyek miatt évente több milliárd köbméter ivóvíz veszik el. Magyarországon ennek az értéke kiemelkedően magas az európai országok között: az éves ivóvízforgalom ~30%- a veszik el, ez kb. 100 millió köbméter felhasználatlan tiszta víznek felel meg. Ezeket összefoglaló néven nem számlázott vizeknek (NSZV) nevezzük, legyen az oka repedés, szivárgás, törés vagy lopás. A ivóvíz-transzport csövek karbantartása és az elszivárgó víz jelentős kiadást jelent a fenntartók számára. Mivel konzervatív iparágról van szó, nagyban változó a vízhálózati régiók fejlettsége: egyes helyeken kilométerenként a legfejlettebb szenzoros technológiák segítik az ivóvíz figyelését, más helyeken fapálcikás módszerrel figyelik a csövek rezgését és következtetnek potenciális törésekre. A csövek minősége is hasonlóan fluktuált, országosan 30%-ban található régi típusú aszbesztcement rendszer, amelyek nem megfelelő telepítéssel milliárdos problémákat okoznak a fenntartóknak. Ezen felül a fenntartók felelőssége az ország által meghatározott NSZV érték minimalizálása, amelyekhez a szükséges technológiák azonban vagy nem elérhetőek vagy túl költségesek. A közműárak általános emelkedése, illetve a közművek fenntartóját terhelő pénzügyi

nyomás miatt egyre költséghatékonyabb megoldásokat igényel a piac. Az szivárgást megfelelő prevenciós lépésekkel csökkenteni lehet. Jelenleg több szervizelési opció van a piacon az üzemeltetők számára, azonban ezek vagy kis pontossággal képesek bemérni a kárt, vagy nem hatékonyak és drágán végzik el feladatukat.

Megoldásunk

A Hydrobot egy ivóvíz csőrendszerekre alkalmazható önműködő robot, amely 110 és 160 mm átmérőjű csövek belsejében képes egy beépített kamerával felvételt készíteni egy adott csőszakaszon 25km-ig. A felvételeket szoftveres módon elemezzük. Az elemzés során kiszűrjük a törésre, repedésre és egyéb károsodásra utaló jeleket, majd ezek pontos helyét és egy erről készült diagnosztikát (amely tartalmaz javaslatokat a szervizelésre és karbantartásra) adunk át a csőhálózat fenntartójának (vevőnek). A diagnosztika mind prevenciós, mind akut problémák megoldását tartalmazza, így a fenntartó egy részletesebb képet kaphat arról, hogy problémakezelésen túl hogyan tudja csökkenteni az NSZV mértékét. A versenytársainkkal ellentétben mi egy szakképzettséget nem igénylő monitorozási lehetőséget adunk az igényeknek megfelelő csőhálózatra (gravitációs elven működő hálózat, gerinchálózat, csáposkút csápnyúlványok, bújtatók).

Célpia

Céljaink alapján mind állami (önkormányzati), mind magán vízipari fenntartóknak értékesítjük szolgáltatásunkat. A szolgáltatás további értékesítési körébe tartoznak a közműveknek monitorozó szolgáltatásokat nyújtó cégek is. Számukra a mi megoldásunk a monitorozás hatékonyságát tudja növelni. Az NSZV mértéke a kézzelfogható indikátora annak, hogy egy víziközmű milyen hatékonysággal képes üzemeltetni a vízipari egységeit, így kiemelt szerepet kap és publikus adatnak minősül. Az NSZV csökkentésére irányuló törekvéseket igazolja, hogy több megkeresett magyar víziközmű jelezte felénk érdeklődését a termékünkkel kapcsolatban. A fenntartókat illetően két célt tűztünk ki magunk előtt: 1.) Az NSZV csökkentése prevenciós módszerünkkel mely jelentős ivóvíz és pénz megtakarítással jár az ügyfél számára. 2.) Olyan smart water innováció fejlesztése mely nem igényel különleges szaktudást.

Üzleti terv

Üzletünk három alappilléren alapul:

1. robot
2. szoftver és diagnosztika
3. elhelyezés.

Szolgáltatásunk magába foglalná a terepen való részvételt, a monitorozó eszköz karbantartását és a diagnosztika áttekintést egyaránt. A robot, a szolgáltatás és az elhelyezés egy csomagban értékesíthető. A piacra lépéskor azonban számunkra nagyobb érték a kezdeti tapasztalatok begyűjtése valamint a szolgáltatás validálása az eladásokkal mintsem az árbevétel nagysága. Így először a személyes kivonulást és monitoringot részesítjük előnyben. Később a vállalkozás skálázhatóságának fenntartása érdekében egy eszköz, szoftver, terméktámogatás (karbantartás+beüzemelés+garancia) csomagot nyújtunk az ügyfeleink számára megfelelő árázással. A robothoz igény szerint képesek vagyunk különböző kiegészítőket hozzáadni, az elektronikát bővíteni. A diagnosztika magába foglalja egy tapasztalt szakértő bevonását, akinek feladata az ügyfél számára kiértékelést írni a monitorozott műtárgy állapotáról. Értékesítés szempontjából mind B2B, mind B2G vonalakon forgalmazzuk szolgáltatásunkat. A két vonal tulajdonképpen független egymástól, azonban több B2B kapcsolat után tudjuk felvezetni a B2G ágot, ha már elég kapcsolatra tettünk szert a piacon.

Mérföldkövek

Eddigi eredményeink a Kék Bolygó alapítvány által szervezett AQUATHON nevű versenyen elért 2. helyezés, illetve a 2021-es Vodafone Digitális Díj - Fenntarthatóság kategóriájának 1. helyezése. A négy egyetemista alapítónk, Tóth Bence, Vörös Armand, Szegedi Melinda és Latorcai Levente, különböző területeken kompetens, így kiegészítjük egymás munkafolyamatait. Következő célunk a tőkebevonás, amelyre 25-30 millió Forint összeget tűztünk ki.

Hogyan méretezzünk csapadékvízgyűjtő tartályt?

Háztartások vízfogyasztását ellátó csapadékvíz-hasznosító tartályok méretezése

Viszoki Blanka*

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék (E-mail: viszokiblanka@gmail.com)

Kulcsszavak

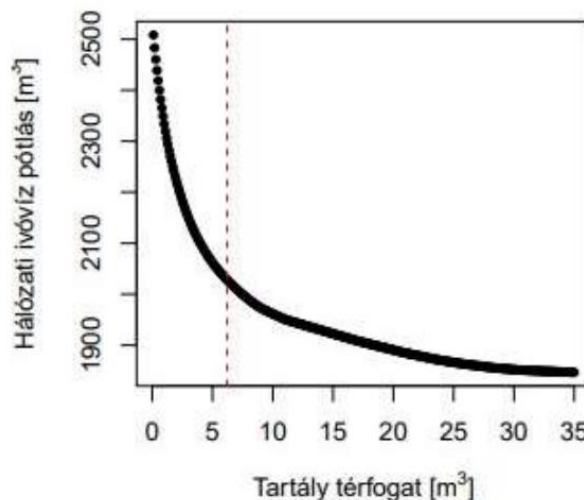
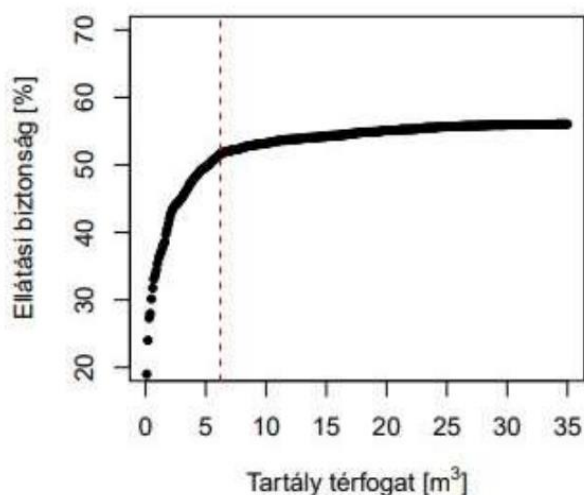
csapadékvíz-hasznosítás, tartályméretezés

FŐCÍMEK

A kutatás célkitűzése egy olyan új, idősoros alapú, vízmérleg számításon alapuló, komplexebb és több tényezőt figyelembe vevő tárolóméretezési módszertan kidolgozása, amely háztartások vízfogyasztását kielégítő/kiegészítő csapadékvízgyűjtő tartályokra készül. A dolgozat részeként egy magyarországi nagyvárosra elemeztem különböző nyomászónákban a vízfogyasztási szokások éves és szezonális változékonyságát. Összefüggést állítottam fel a csapadék, a hőmérséklet és a vízfogyasztások karakterisztikái között.

A vízfogyasztás, a hőmérséklet és a csapadékmennyiség között erős korrelációt figyeltem meg. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a magasabb hőmérséklet, illetve a kevesebb csapadék, a lakossági vízfogyasztás növekedését eredményezi. Ennek hatását beépítettem a méretezési módszertanba. A családi házas zöld övezetes (CSHZ) térségben az átlagvízfogyasztás szezonális ingadozása nagyon jelentős, melynek oka az öntözés vízigénye. A kidolgozott módszertan alkalmas arra, hogy helyi éghajlati jellemzők (hőmérséklet, csapadék), vízfelhasználási igények és az ellátási biztonság figyelembevételével segítse a csapadékvíz tartály térfogatának megválasztását.

A dolgozat részeként összehasonlítottam a magyarországi csapadékvízgyűjtő tartályok egyszerűsített méretezési módszereit - melyek rengeteg tényezőt nem veszek figyelembe – az általam tervezett méretezési módszerrel (ábra). A csapadék és a hőmérséklet változásainak figyelembevétele nagyon sok információt ad a megfelelő lakossági tartály méret kiválasztásához.



Az egyszerűsített számítás (piros szaggatott vonal) és az újonnan kidolgozott hőmérsékletfüggő vízmérlegszámítás (fekete pontozott vonal) esetén (250 m² tetőfelület, 500 m² kert) az ellátási biztonság és a hálózathoz pótolni szükséges ivóvíz mennyisége a tartálytérfogat függvényében a CSHZ nyomászónára.

A méretezési módszertan lehetséges alkalmazási területe például egy jövőbeli országos pályázat, amelyben a különböző tető - és kert területtel, vízfogyasztással, és földrajzi fekvéstől függő csapadékmennyiséggel rendelkező fogyasztóknak számítanának ajánlott tartályméreteket, és a pályázat lehetőséget kínálna arra, a lakosság támogatást kapjon a tartály megvásárlására és beépítésére.

SZAKIRODALOM

1. Joshua R Cowden, David W. Watkins Jr., James R. Mihelcic (2008): Stochastic rainfall modeling in West Africa: Parsimonious approaches for domestic rainwater harvesting assessment
2. Anirban Khastagi, Niranjali Jayasuriya (2010): Optimal sizing of rainwater tanks for domestic water conservation
3. M.A. Imteaz, A. Rauf and M.A. Aziz (2011): A Decision Support Tool for optimizing rainwater tank size

Tolózárak kritikussága ivóvízhálózatokban

Wéber Richárd*, Délei Ákos*, Huzsvár Tamás*, Dr. Hős Csaba*

*Department of Hydrodynamic Systems, Faculty of Mechanical Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Műgyetem rkp. 3., H-1111 Budapest, Hungary (E-mail: rweber@hds.bme.hu)

Kulcsszavak

kritikusság; tolózár; ivóvízhálózat; sebezhetőség; centralitás

BEVEZETÉS

Időközönként előforduló véletlenszerű csőtörések kivédhetetlenek egy valódi, nagyméretű ivóvízhálózatban. A csövek meghibásodása esetén az üzemeltető víziközmű cég a hiba elhárítása idejére kiszakaszolja a sérült szegmenst tolózárak segítségével, megfosztva ezzel a fogyasztók egy részét a tiszta ivóvíztől. Problémát jelent azonban, hogy nem minden esetben zárható el mindegyik szükséges tolózár, és egy nagyobb szegmenst kell kizárni, megvonva ezzel még több fogyasztótól a vizet. Az ok lehet a hiányzó, vagy a beszakadt tolózár is. A kutatásnak az a célja, hogy meghatározzuk, mely tolózárak a legkritikusabbak, vagyis melyektől nő legnagyobb mértékben a kiesés hányada.

KRITIKUSSÁG

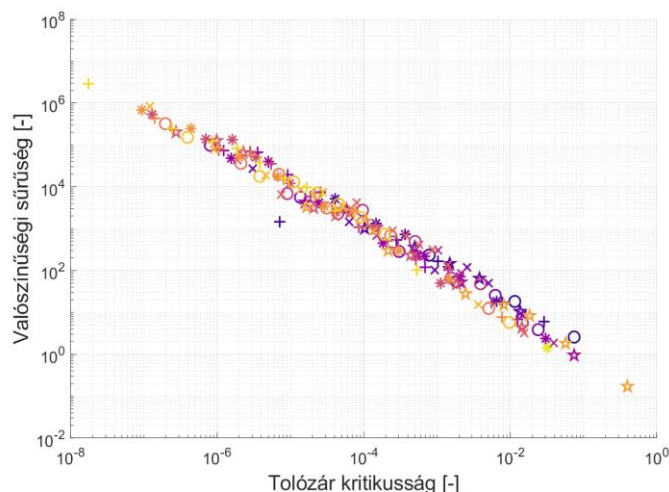
Korábbi kutatások során, lásd (Wéber 2020, Wéber 2021), bevezettük a hálózati sebezhetőséget, mely egy véletlenszerűen bekövetkező csőtörés esetén várható relatív vízkiesés. Más szavakkal, nagyon sok csőtörést megvizsgálva a hálózati sebezhetőség adja meg, hogy mekkora volt a kieső fogyasztási hányad átlaga. Egy tolózár kritikussága definíció szerint a megnövekedett hálózati sebezhetőséggel egyenlő, vagyis

$$C_i = \Delta\Gamma = \Gamma_i - \Gamma_{orig} \quad (1)$$

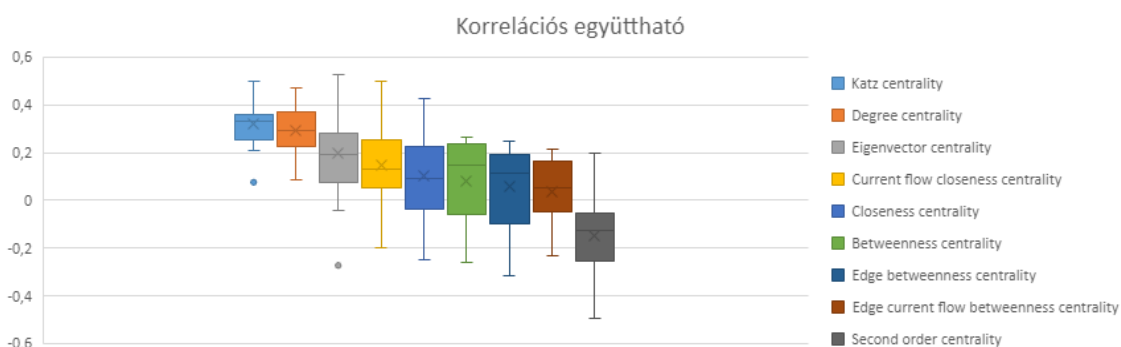
Ahol C_i az i -edik tolózár kritikussága, Γ_i a hálózati sebezhetőség az i -edik tolózár kiesése esetén, míg a Γ_{orig} az eredeti hálózat sebezhetősége, amikor minden tolózár megfelelően funkcionál. Mivel a sebezhetőség egy nulla és egy közötti dimenziótlan szám, a kritikusság is dimenziótlan. A kritikusság pontos meghatározásához rengeteg hidraulikai szimulációra van szükség, egészen pontosan $N_{seg} * N_{iso}$, ahol N_{seg} a szegmensek száma, míg N_{iso} a tolózárak száma. Tovább teljes, kalibrált hidraulikai modellre is szükség van. Ezen okokból kifolyólag klasszikus hidraulika mellett használunk gráfelmélet jellemzőket is, hasonlóan (Abdel-Mottaleb 2021) cikkéhez.

EREDMÉNYEK

A tolózárok kritikusságainak eloszlása látható az 1. ábrán 23 valódi ivóvízhálózat esetén, minden különböző jelölő egy eltérő hálózathoz tartozik. Ahogy az ábra mutatja, minden esetben az eloszlás hatványfüggvény viselkedésre utal. Praktikusan ez azt jelenti, hogy mindig előfordul néhány kiugróan fontos tolózár a hálózatban. A 2. ábra mutatja a kapcsolatot a különböző gráfelméleti mennyiségek és a kritikusság között. Láthatjuk, hogy a legtöbb változó nem mutat kapcsolatot, azonban a Katz centralitás és a fokszám centralitás mutat egy gyengén pozitív korrelációt. Ez azt jelenti, hogy ezen mennyiségek korlátozottan, de használhatók a kritikusság becslésére, akár egy úgy hálózat tervezési fázisában, amikor még nem áll rendelkezésre hidraulikai modell, csupán a gráf.



1. ábra Tolózárok kritikusságainak sűrűségfüggvénye 23 valódi hálózat esetén.



2. ábra A kritikusság és különböző gráf mennyiségek közötti korreláció.

SZAKIRODALOM

1. Abdel-Mottaleb, N., Walski, T., (2021) Evaluating Segment and Valve Importance and Vulnerability, *Journal of Water Resources Planning and Management*, **147**(5), 1-13.
2. Wéber, R., Huzsvár, T., Hős, Cs., (2021) Vulnerability of water distribution networks with real-life pipe failure statistics. *Water Supply*, **00**(0), 1-10.
3. Wéber, R., Huzsvár, T., Hős, Cs., (2020) Vulnerability analysis of water distribution networks to accidental pipe burst. *Water Research*, **184**(1), 1-11.