

TŰZCSAPOK A CÉLKERESZTBE



KIVONAT Napjaink vízművei igen sokrétű elvárásokkal szembesülnek. A lakosság számára nélkülözhetetlen ivóvíz szolgáltatása mellett a tűz- és katasztrófavédelemben is igen jelentős szerep jut számukra a tűzcsapok üzemeltetése által. Az 54/2014-es kormányrendelet a szolgáltatókat jelöli meg mint a tűzcsapok felülvizsgálataért és karbantartásáért felelős szervezeteket. Így az esetlegesen elégtelen vízhozammal és nyomással rendelkező tűzcsapok kapacitásnövelése jelentette komplex problémakör megoldásának minden (anyag- és időbeli) terhe is a szolgáltatókat terheli. Ezen probléma megoldására egy matematikai módszert dolgoztunk ki. Ezzel a módszerrel a költséghatékonyság érdekében mindösszesen egyetlen cső hálózathoz való hozzáadásával lehet egy területen az elérhető tűzivízhozamot a lehető legnagyobb mértékben növelni.

KULCSSZAVAK Hálózati optimalizáció, Érzékenység vizsgálat, Tűzivíz kapacitásnövelés, Nyomásérzékenység csökkentés

WÉBER RICHÁRD, HUZSVÁR TAMÁS, DR. HŐS CSABA

Bevezetés

Az ivóvízellátó hálózatok minden település (a kis falvaktól a nagyvárosokig) stratégiaileg fontos infrastrukturális részei. A mai ivóvízrendszerek több évtized (vagy akár egy évszázad) folyamatos fejlesztésének eredményeképpen jöttek létre újabb és újabb területek hozzákapcsolásával, ezért általában igen heterogén kialakítású, bonyolult hálózatok. A tűzvédelmi igények és jogszabályok egy terület műszaki és természeti adottságaitól függetlenül írják elő a tűzcsapok kiosztási sűrűségét. Ennek következtében szinte bármely hálózat esetében található olyan tűzcsapok, melyek erősen a gyártó által javasolt minimális nyomás és vízhozam közelében (vagy akár az alatt) állnak csak a tűzoltóság rendelkezésére.

A tűzivíz elvétele az ivóvízhálózatról jelentős fogyasztásváltozást hoz létre a rendszerben. Az ennek hatására bekövetkező nyomásingadozásokat (jellemzően csökkenést) a hálózatnak „el kell tudni viselni”. A jelen cikkben tárgyalt módszer a hálózat ellenálló képességének növelésére irányul, azaz célunk a hálózat nyomásérzékenységének csökkentése. A munka során azt vizsgáljuk, hogy milyen minimális topológiai átalakítással – egy új csőszakasz hálózathoz való hozzáadásával – növelhető meg leghatékonyabban egy hálózat nyomásingadozásokkal szembeni robusztussága. Robusztus, ellenálló hálózatban ugyanis a tűzivíz elvétele nem fog jelentős nyomásingadozást okozni. Törekvésünk matematikai összefüggés feltárása volt a hálózatok struktúrája és a fogyasztásváltozás hatására bekövetkező nyomásváltozások között. Ez ugyanis lehetőséget biztosít arra, hogy a vízmű előre megadott igényei alapján (maximálisan beépíthető cső hossza, anyagi ráfordítás) irányítottan csökkentjük a hálózat nyomásérzékenységét.

A módszer kidolgozása során az első számításainkat egyszerű, szintetikus mintahálózatokon végeztük (lineáris, rács- és körhálózat). Ezt követően a feltárt érzékenységszökkentő szabályszerűségek felhasználásával egy kis méretű település hálózatán, majd pedig egy valódi városi ivóvízhálózaton folytattuk számításainkat. Törekvésünk tehát azon két csomópont meghatározása volt a hálózatban, melyek közé egy újonnan beépített csőszakasz elhelyezése a lehető legnagyobb átlagos nyomásérzékenység-csökkenést eredményezi, és így a rendelkezésre álló tűzivízhozamot a lehető legnagyobb mértékben növeli a hálózatban.

Hidraulikai hálózat modellezése

Napjainkban az informatikai rendszerek széles körű elterjedésének köszönhetően lehetőség van arra, hogy az ivóvízhálózatokban található

minden egyes hidraulikai elemet (csőszakaszt, tolózárat, szivattyút) virtuálisan tároljunk és kezeljünk. A hálózatok e módú leképezése lehetővé teszi olyan hidraulikai modell építését, melynek köszönhetően a modellezett hálózat viselkedése feltérképezhető a valóságot közelítő módon. Egy ilyen hidraulikai modell számtalan lehetőséget rejt magában: a beszakadt tolózarak detektálásától kezdődően az esetleges hálózatbővítések hidraulikára gyakorolt hatásának koncepcióterv-szintű vizsgálatain keresztül a kis fogyasztásváltozásra nagy nyomásingadozásokkal reagáló (magas nyomásérzékenységű) hálózati helyek azonosításáig.

A matematikai modellről dióhéjban a következőket érdemes ismerni. Egydimenziós áramlást, összenyomhatatlan közeget feltételezünk, továbbá időben állandósult állapotot vizsgálunk. Ilyen feltételek mellett írjuk fel minden csomópontra az anyagmegmaradás, illetve minden ágelemre (pl. csőszakasz, szivattyú) az energiamegmaradás egyenletét. Ezen egyenletek egy nagy méretű, egyértelműen megoldható, algebrai, nem lineáris egyenletrendszer alkotnak. Ezt a Newton–Raphson-módszerre épülő megoldóval oldjuk meg, a Dr. Hős Csaba által fejlesztett Staci programcsomag segítségével (http://www.hds.bme.hu/staci_web/). Ez a hidraulikai megoldó bemenetén kap egy hálózatot (topológiával, csomóponti és csőszakaszadatokkal, fogyasztásokkal stb.), majd a matematikai számítások után a kimeneten megkapjuk a hálózatban található csomópontok nyomását, valamint az ágelemeken átfolyó térfogatáramot.

A továbbiakhoz szükséges még definiálnunk egy fontos hidraulikai mennyiséget, az érzékenységet. Érzékenység alatt értjük azt a számot, mely megmutatja, hogy egy paraméter megváltozása esetén egy hidraulikai változó milyen vehemensen változik meg. Vagyis azt jellemzi, hogy ha a hidraulikai megoldó egyik bemeneti értéke megváltozik, mennyire változik meg a számítás kimeneti értéke. Ez a mennyiség értelmezhető minden egyes csomópontra és ágelemre különböző párosítások esetén, attól függően, melyik paramétert vagy melyik kimeneti változót választjuk.

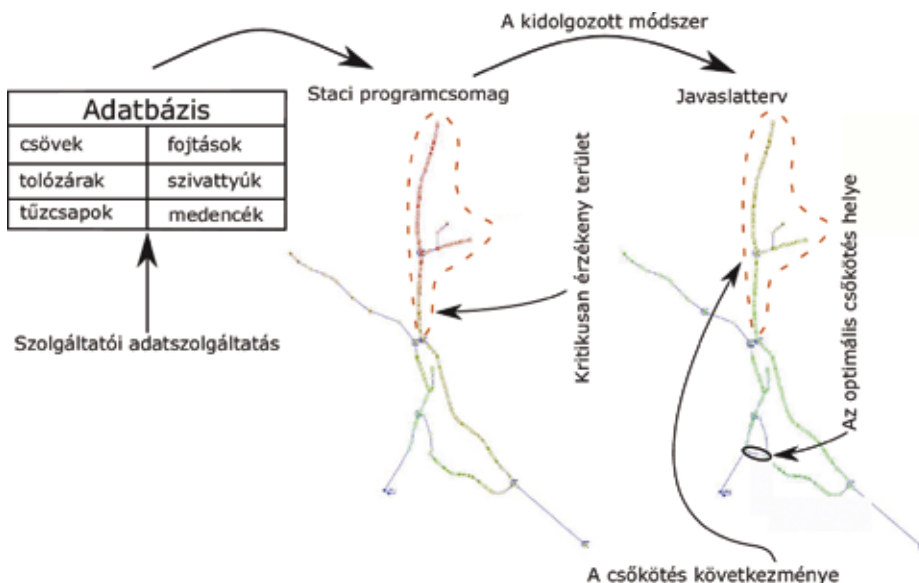
Minket jelen kutatásban az érdekel, hogy ha a tűzivíz elvétele miatt megváltozik a csomópont fogyasztása, mennyire ingadozik a többi csomópont nyomása. Ezért a továbbiakban mi minden esetben erre hivatkozunk nyomásérzékenységgént. Egy csomópont így definiált nyomásérzékenysége megadja tehát, hogy az ott található fogyasztásérték megváltozása esetén a többi csomópont nyomása átlagosan mennyit fog változni. A nyomásérzékenységet minden csomópontához hozzárendelhetjük, és így megkaphatjuk a hálózatok érzékenységi térképét. A hidraulikai hálózat annál „jobb, üzembiztosabb”, minél kisebb a nyomásérzékenysége.

Optimális csőkötés meghatározása

Ha rendelkezésre áll a hidraulikai megoldó, akkor meg lehet határozni az ideális – a lehető legnagyobb nyomásérzékenység-csökkenéssel járó – csőkötést úgy is, hogy a modellünkben az összes beépíthető csőkötést virtuálisan elkészítjük. Ezután pedig egyenként feltérképezzük egy-egy hidraulikai szimulációval az új csőkötés nyomásérzékenységre gyakorolt hatását. Azonban ha e módon fogunk neki a probléma megoldásának, a lehetséges csőkötések száma $n(n-1)/2$, ahol n a csomópontok száma. Az esettanulmányunkban közölt valódi hálózat megközelítőleg 2700 csomóponttal rendelkezik, egy szimuláció időszükséglete pedig nagyjából 40 sec egy átlagos asztali számítógépen. Ebből kiszámítható, hogy az összes lehetőség megvizsgálása egy átlagos számítógép segítségével közel 208 évig tartana.

Az általunk kidolgozott módszer ezzel szemben mindösszesen egy darab hidraulikai szimulációt igényel. Ebből kifolyólag a szükséges számítási idő nagyságrendekkel kisebb, mint az előbb említett, próbálgatáson alapuló módszeré.

Munkánkban egyszerű, néhány csővezetékkel rendelkező mintahálózatokat vettünk kiindulásnak. Ezeknél a teljes kiértékelés (vagyis a fent említett összes lehetőség kiszámítása) még elérhető. Első számításaink alapján felállítottunk egy összefüggést a hálózat egy számítással meghatározható érzékenységi térképe és a csőkötéssel elért átlagos érzékenységcsökkenés között. Elméletünket különböző topológiájú hálózatokra teszteltük, pl. kör-, rács-, csillag-, illetve egy kis méretű, valódi hálózat esetén is (lásd 1. ábra).



1. ábra: A módszer működése

Megállapításunk a következő: a csőkötés akkor éri el a lehető legnagyobb átlagos érzékenységcsökkenést az adott, beépíteni kívánt csőhossz mellett, ha az összekötendő csomópontok érzékenységének a különbsége a lehető legnagyobb. Azaz az optimumkeresés célja egy olyan összekötendő csomópontpár meghatározása, ahol az egyik csomópont nyomásérzékenysége a lehető legalacsonyabb, míg a csomópontpár másik tagja kiugróan magas érzékenységgel rendelkezik. Erre analitikus bizonyítékot is lertünk a szintetikus hálózatokon végzett tesztek során. Sikeresült találnunk egy olyan kapcsolatot az egyszerű hidraulikai számítás és a teljes kiértékelés között, mely alkalmas egy új módszer megfogalmazására.

A módszer a következő: Végezzünk el egy hidraulikai szimulációt és az egyszerű érzékenységvizsgálatot a hálózaton. Ezután számoljuk ki

az összes csomópontpárra a pontok távolságát és érzékenységkülönbségét. Válasszuk meg (pénzügyi lehetőségeinkhez mérten) a beépíteni kívánt csőszakasz hosszának maximumát. Keressük meg az ezen távolságon belül található legnagyobb helyi érzékenységkülönbséget. Az ideális csőkötés e két csomópont között lesz. Természetesen a szolgáltatóknál a beépítendő cső maximális hosszán kívül más szempontok is adódhatnak egy új cső beépítésénél. Mivel nem vesz néhány percnel több szimulációs időt igénybe, az algoritmus által javasolt legjobb csőkötés utáni, további négy legjobb csőkötés szimulációját is végezzük el, hátha azok kötési útvonala egy jóval olcsóbb megvalósítási alternatívát kínál. A meghatározott 5 legjobb csőkötési lehetőség közül válasszuk a költséghatékony megoldást.

Esettanulmány

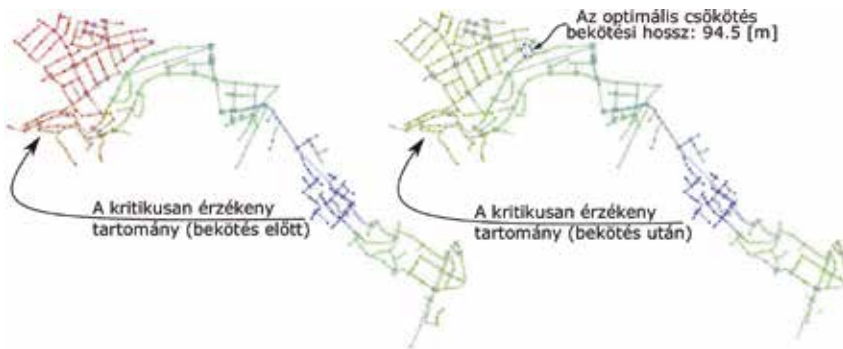
Az előzőekben bemutatott matematikai módszerünket a következőkben Sopron város sánc-hegyi övezetének hidraulikai modelljén demonstráljuk. A hálózat 2700 csomóponttal rendelkezik, napi fogyasztási értéke megközelítőleg 1200 m³/nap. A 2. ábrán látható két érzékenységi térkép ugyanazon színskála mellett: bal oldalon az eredeti hálózat látható, jobb oldalon pedig a módszer által javasolt csőkötés utáni állapot. Az ábrán a pirossal jelzett csomópontok a magas, a zölddel a közepesen, illetve a kézzel színezettek az alacsony érzékenységűek.

Jól látható, hogy a javasolt csőkötésnek szignifikáns hatása volt a hálózat erősen érzékeny (piros) területeire. Számszerűleg elmondható, hogy több mint 25%-kal csökkent az átlagos érzékenység a hálózat

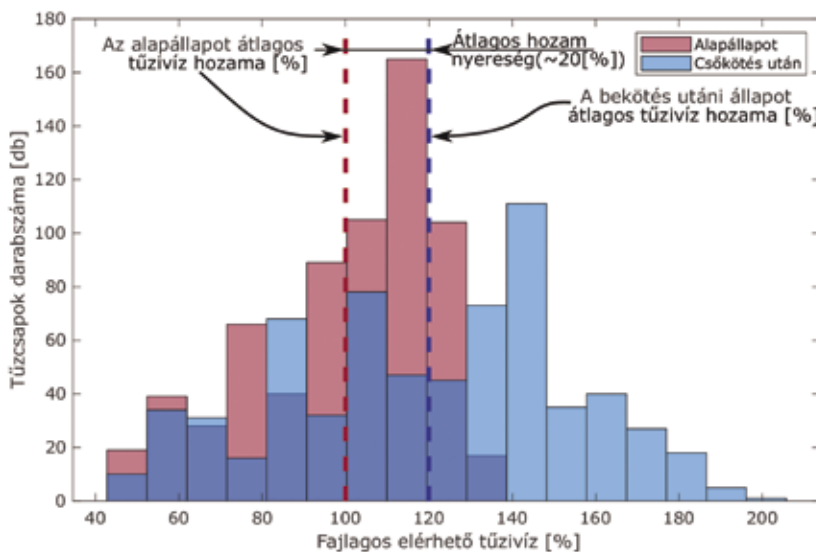
ezen kritikus szakaszán. Ezt a jelentős változást csupán egyetlen (maximum 100 méteres) csőszakasz beépítésével érhetjük el a számítások alapján. Az alacsony nyomásérzékenység egyértelműen alacsony felhasználói komfortot eredményez a nyomásingadozások miatt. Világos, hogy amennyiben sikerül csökkenteni az átlagos érzékenységet, vagyis annak hatását, hogy a fogyasztás növelése mennyire csökkenti a nyomást, egyenértékű lesz azzal, hogy növekszik a kivehető tűzvíz mennyisége. Annak érdekében, hogy képet kapjunk arról is, hogy a nyomásérzékenység csökkenése a hálózat adott szakaszának rendelkezésre álló tűzvíz kapacitását mennyivel változtatja meg, a tűzcsapok kinyitását a kritikus tartományban egyenként szimuláltuk. Itt csak önműködő tűzcsapokat vettünk figyelembe, a szivattyúzható tűzcsapok viselkedését nem vizsgáltuk. A szimulációkból le tudtuk kérni, hogy a léghőre nyitott tűzcsapon mekkora kiáramló térfoga-

táram érhető el az eredeti és a módosítás utáni állapotban. Az eredményeket a 3. ábra közli hisztogram formájában: vízszintesen az átlagos térfogatárammal elosztott, vagyis fajlagosan elérhető tűzvíz mennyisége, míg függőlegesen az adott fajlagos térfogatáramot szolgáltatni tudó tűzcsapok száma látható. Piros jelzi az eredeti, kék a módosított változatot.

Leolvasható, hogy a beépített csőkötés hatására lényegesen megnőtt az elérhető tűzvíz mennyisége: az elért átlagos tűzvízhozam-növekmény több mint 20%. Emellett látható, hogy ebben az esetben a hisztogram ki is szélesedik. Ez azt jelenti, hogy jócskán megnő az átlagosnál jóval magasabb hozamot biztosító tűzcsapok száma is, ami nagyban növeli az biztonságot.



2. ábra: A módszer által javasolt csökötés helye és az érzékenységi térképen történő várható javulás a sánc-hegyi övezetben, Sopron városában



3. ábra: A hálózat tűzvíz-kapacitása az optimális csökötés bekötése előtt és után

Összefoglalás

Projektünk célja egy olyan módszer elkészítése volt, mely segítségével a víziközmű-szolgáltatók számára a lehető legrövidebb idő alatt áll módunkban hálózatfejlesztési javaslatot készíteni egy adott hálózati szakasz tűzvíz-kapacitásának növelésére a lehető legkisebb anyagi ráfordítás szem előtt tartásával. Törekvésünket siker koronázta. Új módszerünkkel egyetlen, érzékenységszámítást magában foglaló hidraulikai szimuláció alapján – melyet a STACI programcsomaggal végeztünk el – konstrukciós javaslatot tudunk tenni arra vonatkozóan, hova érdemes új csőszakaszt beépíteni a hálózatba. Valódi városi hálózaton végzett esettanulmányban megmutattuk, hogy egy ilyen módosítás a hálózat kritikus nyomásérzékeny tartományában akár több mint 20%-kal megnöveli a rendelkezésre álló átlagos tűzvíz-kapacitás értékét, emellett pedig a maximális hozamú tűzcsapok hozamát az átlagos hozam 140%-os értékéről több mint a 200%-ára növeli.

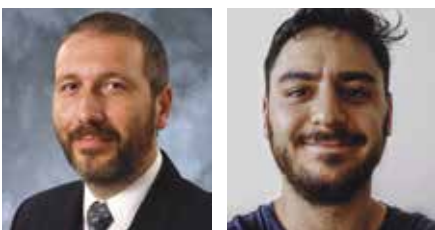
Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnénk mondani Till Sárának az alapos lektori munkájáért, illetve a Soproni Vízmű Zrt.-nek, hogy a rendelkezésünkre bocsátották a hálózatok adatait kutatási célokra.

Hivatkozások

(A hivatkozások elérhetők a szerkesztőség címén.)

EGYEDI, NAGY TELJESÍTMÉNYŰ UV-REAKTOR TERVEZÉSI TANULSÁGAI



KIVONAT A Fővárosi Vízművek számára megtervezett egyedi, nagyteljesítményű UV fertőtlenítő berendezés méretezése során számos olyan műszaki kihívás merült fel, melyeket csak innovatív megközelítéssel lehetett megoldani. Így például a reaktorban kialakuló 3D áramképet a legkorszerűbb numerikus áramlástanai módszerekkel határoztuk meg, a kialakuló dózist pedig egy speciális fényforrásmodellelési módszer és az áramkép ötvözésével számítottuk ki. Jelen tanulmányban ismertetjük az UV intenzitásmérők speciális beépítése miatt szükséges korrekciót is ill. a besugárzás és a fluencia közötti különbséget is. Végezetül, ismertetjük a dózis valós idejű becslésére szolgáló algoritmust.

KULCSSZAVAK UV fertőtlenítés, dózis, UV besugárzás, numerikus áramlástan

DR. HŐS CSABA egyetemi docens, cshos@hds.bme.hu, BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék
CSIPPA BENJAMIN gépészmérnök MSc, PhD-hallgató BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék