

A DABASI SZENNYVÍZÁTEMELŐ RENDSZER KORSZERŰSÍTÉSE



KIVONAT A DAKÖV Dabas és Környéke Vízügyi Kft. 2013-ban nyújtott be PIAC-13 azonosító számon egy kutatás fejlesztési pályázatot. A pályázat keretein belül egy új optimalizációs eljárással készített szivattyúzási menetrend is elkészült. A cikkben bemutatjuk ennek az optimalizációs módszernek rövid összefoglalóját és az üzemelése során szerzett tapasztalatokat.

KULCSSZAVAK szivattyúoptimalizáció, dinamikus programozás, üzemoptimalizáció, kutatás fejlesztés pályázat

DR. JASPER ANDOR főmérnök, DAKÖV Kft.

1. Előzmények

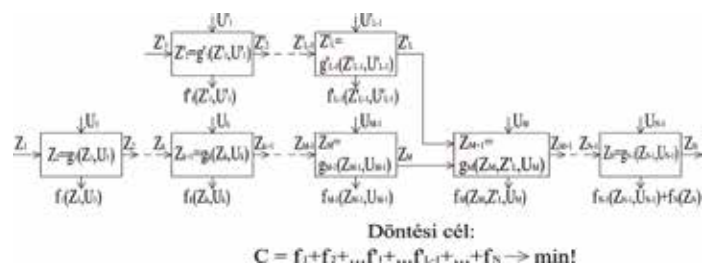
A DAKÖV Dabas és Környéke Vízügyi Kft. 2013-ban nyújtotta be „Szennyvíztisztító telep korszerűsítése” című pályázatát a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap „Piacorientált kutatás-fejlesztési tevékenység támogatása” című pályázatára. A Kutatási és Technológiai Innovációs Alapból nyújtott támogatások célja „a kutatás-fejlesztési és innovációs aktivitás, és a vállalati-kutatóhelyi együttműködés növelése” az Új Széchenyi Tervben meghatározott célkitűzésekkel összhangban. A „Piacorientált kutatás-fejlesztési tevékenység támogatása” pályázat célja olyan kutatás-fejlesztési tevékenységek támogatása, amelyek jelentős szellemi hozzáadott értéket tartalmazó új, piacképes termékek, szolgáltatások, technológiák, illetve ezek prototípusainak kifejlesztését eredményezik. A projektben közreműködik a BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárastechnika Tanszéke. A sikeres pályázat Piac-13-1-2013-0030 azonosító számon 2014. január 1-jével indult. A projekt futamideje 2016. június 30-ig tart.

A Dabas és Környéke Vízügyi Kft. által elnyert pályázat közvetlen célja a dabasi szennyvíztisztítási technológia korszerűsítése, ezáltal a szakaszosan túlterhelt szennyvíztisztító telep tehermentesítése és a kibocsátási paraméterek folyamatosan az előírt értékeken belül tartása, a szennyvíztisztítás hatáskóának javítása, mindeközben az üzemeltetés optimalizálásával a rendszer villamosenergia-felhasználásának csökkentése.

2. A dabasi szennyvízhálózat grafelméleti leírása

A szennyvízcsatorna-hálózat rendszerelméletileg és rendszertanilag úgynevezett összeágazó rendszerek, amelyek leírását és a dinamikus programozással történő optimalizációját például a [1] számon hivatkozott közleményben mutattuk be. Az összeágazó rendszer vizsgálatához az alapmodellt az 1. ábra szemlélteti.

Megállapítottuk, hogy a dabasi szennyvízcsatorna-hálózat viszonylag egyszerű morfológiai gráffal modellezhető. A gráf nem összefüggő, illetve több szuverén részgráfra bontható, amelyeket alrendszernek, illetve részrendszereknek neveztünk. Az ezeket leíró részgráfok ún. összeágazó, több gyökerű, fordított fastruktúrájú gráfok. A rajtuk értelmezhető döntési modellek összeágazó döntési rendszereket képeznek. A rajtuk értelmezhető feladatok ún. szállítási feladatok. A keletkező szennyvizet különböző szállítási útvonalakon – zárt vagy nyitott, gravitációs és/vagy szivattyús szállítással, közbeni gyűjtőpontokon keresztül a tisztítótelepre szállítjuk. A sík területen fekvő, kiterjedt rendszer 23 db nagyteljesítményű átemelőszivattyút tartalmaz, szívóoldalukon számottevő tárolókapacitást jelentő gyűjtőaknákkal. A döntési cél a felhasznált szivattyúzási energia minimalizálása, mindeközben a tisztítótelepre beérkező szennyvízhozam csúcsainak levágása.

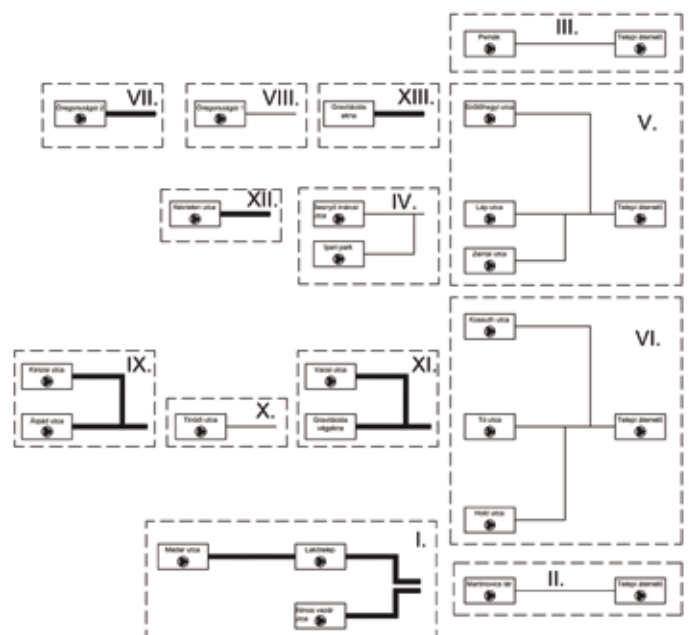


1. ábra: Összeágazó rendszer döntési modellje

Az összeágazó rendszert az ágak levágásával soros rendszerekre bontjuk, és a soros rendszerekre visszafelé haladó rekurzív optimalizációt hajtjuk végre.

A dabasi szennyvízcsatorna rendszert a 2. ábra szemlélteti. A rendszer hidraulikailag négy független alrendszerre bontható, amelyek a következő részrendszerekből állnak:

- III. alrendszer,
- VII., VIII., XIII., XII., IV., V. alrendszerek,
- IX., X., XI., VI. alrendszerek,
- I., II. alrendszerek.



2. ábra: A dabasi szennyvízhálózat alrendszerre bontása. A vastag vonal gravitációs elvezetést, míg a vékony nyomás alatti szállítást jelöl.

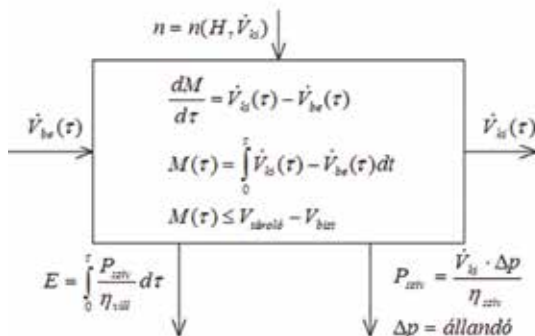
- Az első hidraulikai alrendszer a III. egymagában, amelynek végpontja a Pemák átemelő, amelynek gyűjtőjéből egy szennyvízátelő szivattyú nyomott rendszeren keresztül szállít a Telepi átemelőbe.
- A második alrendszer végpontjai az Öregországút 2., a Névtelen utca, Ipari park és Zentai utcai átemelők. Ez a rendszer, bár hidraulikailag összefüggő, vannak benne gravitációs és nyomott részrendszerek is.
- A harmadik rendszer végpontjai a Kinizsi utcai, Árpád utcai, Vacsai utcai, Kossuth utcai, Hold utcai átemelők. Ebben a rendszerben is vegyesen fordulnak elő gravitációs és nyomott alrendszerek.
- A negyedik alrendszer végpontjai a Meder utcai és az Álmos vezér utcai átemelők, amelyekből átemelő szivattyúkkal, de gravitációs szállítással jut a szennyvíz a Martinovics téri aknába, ahonnan nyomás alatti szállítással jut tovább a telepi átemelőbe.

A négy alrendszerben a szállítási feladatok tovább bonthatók, további részrendszerek alakíthatók ki és azok külön-külön vizsgálhatók. A hidraulikai számítások módszertana különbözik aszerint, hogy az alrendszerekben gravitációs vagy nyomott szállítás valósul meg. A következőkben bemutatjuk a gravitációs szállítás és nyomás alatti szállítás hidraulikai analizisét. A hidraulikai analizis alkalmazása során az úgynevezett „módosított alapfeladatot” kell elvégezni. Azt vizsgáljuk, hogy az akna üritése során, különböző szállítási teljesítmények választása esetén egy-egy telítődési profil figyelembevételével milyen áramlási kép alakul ki, és milyen szivattyúmun- kapontokat kell beállítanunk. A különböző szállítási stratégiák összehason- lításával kapjuk az optimális szállítási stratégiát, amelynek részleteit a hidra- ulikai analizis feladatait bemutatását követően ismertetjük.

3. Az alrendszerek és részrendszerek bemenet-kimenet modelljei, elemi döntési modellek

3.1. A gravitációs végaknából történő gravitációs szállítás irányítási-döntési modellje

Ezekbe a végaknába a szennyvíz gravitációs, nyílt felszínű szállítással érkezik, az átemelőszivattyú a szennyvizet egy újabb gravitációs veze- tékbe szállítja. A változó térfogatáramú gravitációs szállítás jellemzője, hogy az áramlási paraméterek (térfogatáram, áramlási sebesség, töl- tési fok) a helynek és időnek is függvényei. Ha például az átemelőszí- vattyú hosszabb üzemzúnet után indul, akkor a keresztmetszet eltérő szelvényeiben az említett áramlási paraméterek eltérő időfüggvény szerint fognak változni. Az ilyen típusú aknák és szállítási feladatok az Álmos vezér utca, Árpád utca, Kinizsi utca, Meder utca, Országút 2., Va- csi utca jelzésű részrendszerekben vannak. A feladatok bemenet-kime- net típusú white-box modelljét a 3. ábra szemlélteti. A modellekben a bemeneti és kimeneti változókat, a döntési változót és a döntések következtében előálló gazdasági eredményt, valamint az ezek közötti transzformációs összefüggéseket, mérlegegyenleteket és korlátokat tüntettük fel. A valódi döntési változó a szivattyú fordulatszáma. Meg kell



3. ábra: Gravitációs végakna, szivattyús kiszállítás gravitációs továbbszállítás bemenet-kimenet típusú white-box modellje

jegyeznünk, hogy gravitációs végaknából történő szivattyús kiszállítás, majd gravitációs továbbszállítás esetén a szivattyú emelőmagassága lé- nyegében állandó. A szivattyú fordulatszámának megválasztásával olyan munkapontokat kell beállítanunk, amelyeket állandó emelőmagasság és változó térfogatáram-szállítás jellemez. Az optimális szivattyú-fordulat-

$$C = \int_0^{24} E(\tau) d\tau = \int_0^{24} \frac{P_{min}(\tau)}{\eta_{min}} d\tau = \Delta p \int_0^{24} \frac{\dot{V}_{in}(\tau) \Delta p(\tau)}{\eta_{min}} d\tau \rightarrow \min! \quad (1)$$

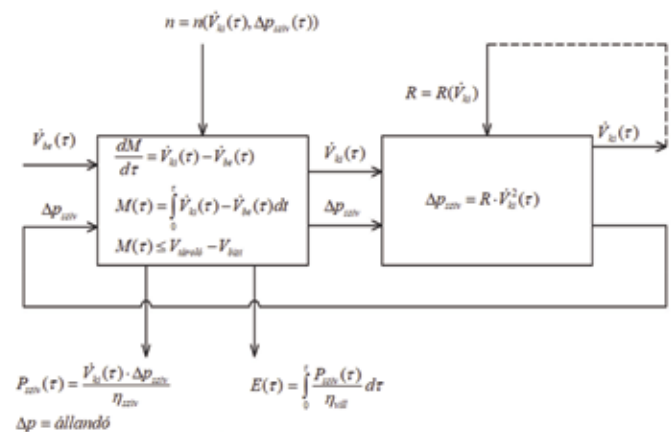
szám beállítása az alábbi célfüggvény szerint történik:

azaz a cél olyan szivattyúzási menetrend megvalósítása, amely a napi szivattyúzási munka minimumát eredményezi az egyéb követelmények (minimális és maximális aknaszintek, a szennyvíz maximális tartózkodási idejének stb.) egyidejű betartása mellett.

3.2. Gravitációs végakna, nyomás alatti szivattyús szállítás, soros rendszer

Ezekbe az aknába a szennyvíz gravitációs úton érkezik, az átemelt szenny- víz nyomás alatti vezetékben lép ki. A nyomás alatti változó térfogatáramú szállítás jellemzője, hogy állandó keresztmetszet és lejtés esetén a gravi- tációs vezetékektől eltérően az áramlási jellemzők (térfogatáram, áramlási sebesség, töltési fok) nem függvényei a helynek, csak az időnek. Az ilyen típusú aknák és szállítási feladatok a Martinovics tér, Pemák jelzésű rész- rendszerekben vannak. A bemenet-kimenet típusú white-box modellt a 4. ábra szemlélteti. A nyomás alatti szivattyús szállításban a csővezeték hid-raulikai ellenállása jó közelítéssel állandónak vehető. A döntési feladatban a szivattyú fordulatszám-menetrendjét kívánjuk meghatározni, az alábbi célfüggvény szerint, ahol a cél a felhasznált energia minimalizálása:

$$C = \int_0^{24} E(\tau) d\tau \rightarrow \min \quad (2)$$

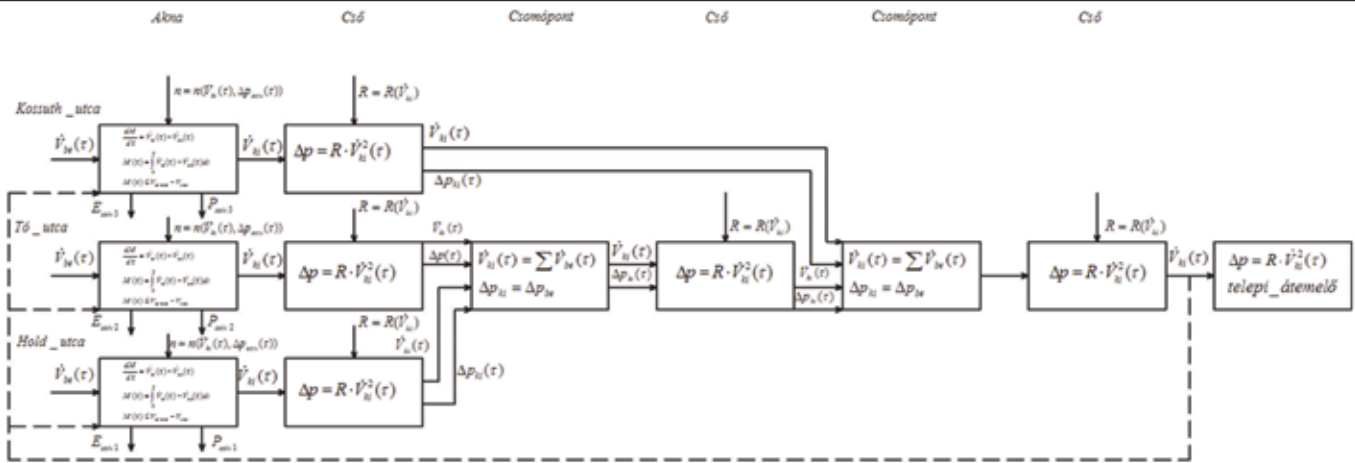


4. ábra: Gravitációs végakna, nyomás alatti szivattyús bemenet-kimenet típusú white-box modellje

3.3. Összeágazó rendszerek, nyomás alatti szállítás

3.3.1. Az V. és VI. alrendszer elemzése

Az ilyen típusú aknák és szállítási feladatok a V. és VI. alrendszerekben van- nak (lásd: 2. ábra). A bemenet-kimenet típusú white-box modellt az 5. ábra szemlélteti. A nyomás alatti szivattyús szállításban a csővezetékek hidrauli- kai ellenállása jó közelítéssel állandónak vehető. A döntési feladatban a szí- vattyú fordulatszámának meghatározása a cél, amelynek alkalmazásával a kívánt térfogatáramokat minimális energiafelhasználással szállítjuk.



5. ábra: Összeágazó rendszerek, nyomás alatti szivattyúzás bemenet-kimenet típusú white-box modellje

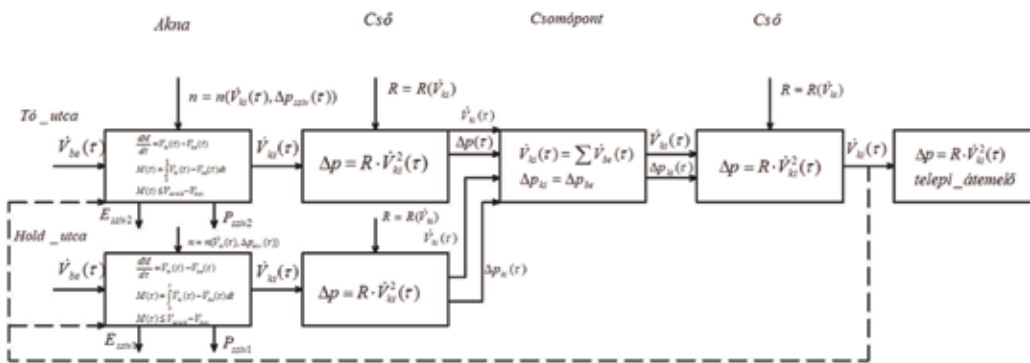
Az optimális szivattyú-fordulatszám beállítása az alábbi célfüggvény szerint történik, ahol a cél a falhasznált energia minimalizálása a hatások függvényében:

$$C = \int_0^{24} E_{sziv1}(\tau) d\tau + \int_0^{24} E_{sziv2}(\tau) d\tau + \int_0^{24} E_{sziv3}(\tau) d\tau \rightarrow \min! \quad (3)$$

A feladatban a döntési változók a szivattyúk fordulatszámai: n_1, n_2, n_3 . Hasonló elven, de más döntési modell segítségével határozhatjuk meg azon aknák szivattyúinak optimális fordulatszám-menetrendjét, ahol pl. nyomás alatti vezetékek csatlakoznak közös aknába, ahonnan az átemelőszivattyú gravitációs vezetékre dolgozik. (Ezeket jelen cikkben nem mutatjuk be.)

3.3.2. A IV. alrendszer elemzése

A IV. alrendszer (lásd: 2. ábra) bemenet-kimenet típusú white-box modelljét a 6. ábra szemlélteti. A nyomás alatti szivattyús szállításban a csővezetékek hidraulikai ellenállása jó közelítéssel állandónak vehető. A döntési feladatban a Besnyő Inárcsi utca, illetve „Ipari park” átemelőaknáknak lévő szivattyúk fordulatszám-menetrendjének meghatározása a cél, amelynek alkalmazásával a kívánt térfogatáramokat minimális energiafelhasználással szállíthatjuk.



6. ábra: IV. alrendszer, nyomás alatti szivattyúzás bemenet-kimenet típusú white-box modellje

Az optimális szivattyú-fordulatszám beállítása az alábbi célfüggvény szerint történik:

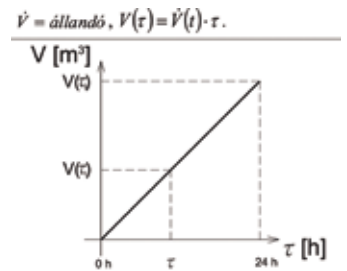
$$C = \int_0^{24} E_{sziv1}(\tau) d\tau + \int_0^{24} E_{sziv2}(\tau) d\tau \rightarrow \min!$$

A feladatban a döntési változók a szivattyúk fordulatszámai: n_1, n_2 . A munkapontok meghatározásához meg kell oldanunk a részrendszerekre

a Kirchhoff-egyenleteket. Mivel az 1. és 2. átemelőszivattyúk azonos szintre dolgoznak, a megoldáshoz a csomóponti egyenleten kívül fiktív hurokegyenletet is meg kell oldanunk.

4. A döntési illetve üzemeltetési stratégiák elemzése

A szállítási stratégiák kialakításához hasznos gondolatokat ad a linearizált szennyvíztermelődésk töltési görbéje. Ez csak elméleti megfontolásban érhető el, viszont a mérnökök számára ez a legjobban kezelhető és legkönnyebben megoldható probléma. Itt nem számolunk tározókapacitás-korláttal, úgy tekintjük, mintha a tározó végtelen nagy lenne. A feladat az, hogy az egy nap során termelődé szennyvízmennyiséget milyen szivattyúteljesítménnyel tudjuk optimálisan, a legkisebb energiafelhasználással kiszállítani. Bizonyítjuk, hogy az egyenletes, lineáris ürités adja az abszolút optimális stratégiát. Ennél kevesebb energiával nem tudjuk elszállítani a keletkező szennyvízmennyiséget. Az előzők szerint a feladat az, hogy minimális költségű üzemeltetést valósítsunk meg, illetve ami ezzel csaknem egyenértékű, hogy a szivattyúk minimális felvett energiával üzemeljenek.



7. ábra: Lineáris szivattyúzási üzemi jelleggörbe

A lineáris telítődéshez két üritési stratégiát mutatunk be.

- Egyenletes szivattyúteljesítménnyel történő ürités:

$$\dot{V}_{\text{ürités}} = \dot{V}_{\text{töltés}}, \quad V(\tau) = 0, \forall \tau.$$

A célszerű és logikus döntés, hogy a keletkező szennyvizet folyamatosan, állandó teljesítménnyel szivattyúzzuk ki az átemelő aknából. Ekkor a betárolt mennyiség nulla, mivel nem használjuk ki az időbeli eltolódások enyhítésének lehetőségét. A szivattyúzáshoz felhasznált energia, ha a szivattyú állandó P teljesítménnyel üzemel üzemórán keresztül (egyelőre nem véve figyelembe a szivattyú hatásfokát; τ_0 jelentse a teljes üzemidőt):

$$E(\tau_0) = P_{\text{szivattyú}} \cdot \tau = R \cdot \dot{V}^3 \cdot \tau_0.$$

– Változó intenzitású ürítés, két különböző teljesítménnyel

$$\dot{V}_{\text{ürítés}} = \frac{1}{2} \cdot \dot{V}_{\text{töltés}}, \tau \leq \frac{1}{2} \cdot \tau_0 \text{ és } \dot{V}_{\text{ürítés}} = \frac{3}{2} \cdot \dot{V}_{\text{töltés}}, \frac{1}{2} \cdot \tau_0 \leq \tau \leq \tau_0.$$

Ebben az esetben a nap első felében a szivattyú a töltési teljesítményhez képest 50%-os teljesítményen üzemel, ekkor a keletkező szennyvízmennyiségnek csak a felét tudjuk kiszivattyúzni. A nap második felében beláthatóan a szivattyúnak 150%-os teljesítménnyel kell üzemelnie, hogy a keletkező napi szennyvízmennyiséget kiürítsük a rendszerből. Ekkor az energiamérleg az alábbi:

$$V(\tau_0) = \frac{1}{2} \cdot \dot{V} \cdot \frac{\tau_0}{2} + \frac{3}{2} \cdot \dot{V} \cdot \frac{\tau_0}{2} = \dot{V} \cdot \tau_0.$$

A napi szivattyúzásra felhasznált energia:

$$E = R \cdot \left(\frac{\dot{V}}{2}\right)^3 \cdot \frac{\tau_0}{2} + R \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot \dot{V}\right)^3 \cdot \frac{\tau_0}{2} = R \cdot \dot{V}^3 \cdot \tau_0 \cdot \frac{14}{8} = 1,75 \cdot R \cdot \dot{V}^3 \cdot \tau_0.$$

Ebből az egyszerű számításból látható, hogy a második esetben, tehát amikor az egyenletes ürítés helyett változó teljesítményű ürítést alkalmazunk, a szivattyúzási munka, így az ezzel járó költség is magasabb, mint az első esetben. Az elv általánosítható, más elvételi arányok mellett is könnyen bizonyítható, hogy az optimális stratégia az, amikor az ürítési térfogatáram megegyezik a töltési árammal. Egyszerű példával szemléltetve a lineáris-tól eltérő, ún. fűrészfog stratégia így változtatja meg a felhasznált energia mennyiségét. A folyamatos ürítés energiateljesítménye:

$$E = R \left(\frac{24}{24}\right)^3 \cdot 24 = 24R.$$

„Fűrészfog” vagy törtvonalas ürítés:

$$E = \left[12 \left(\frac{2}{1}\right)^3\right] R = 96R.$$

Az energiateljesítményünk négyeszerese a lineáris ürítéshez képest. Az optimális ürítési stratégia tehát az, hogy a szivattyút a nap folyamán egyenletes teljesítményen működtetjük. Ahol a jelleggörbe a lineáris egyenes felett van, ott szennyvízbetározás jelentkezik. Ennek a stratégiának az szab határt, hogy a betározás nem haladhatja meg a tárolókapacitást.

Vizsgáljuk meg az optimális ürítési térfogatáramtól való pozitív és negatív eltéréseknek az optimumra gyakorolt hatását! Ekkor már két vagy több eltérő térfogatáramú szivattyúzás szükséges eltérő időtartamokig, amelyek összesen teljesítik a rendszer kiürítését. Egyszerűség kedvéért két eltérő elvételt vizsgálunk azonos időtartamig

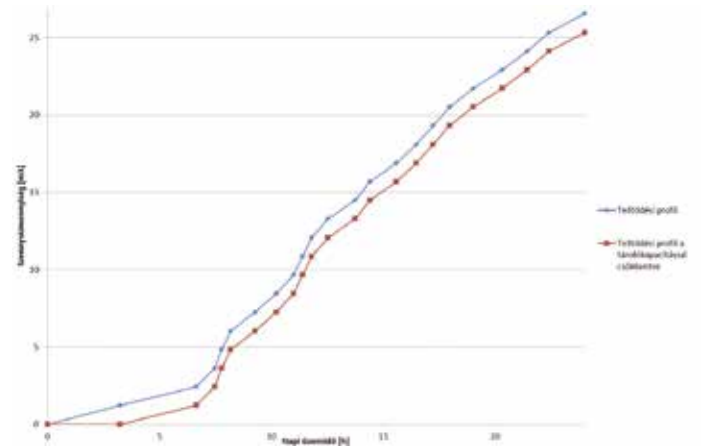
$$(\dot{V} + \Delta\dot{V}_1)^3 = \dot{V}^3 + 3 \cdot \dot{V}^2 \cdot \Delta\dot{V}_1 + 3 \cdot \dot{V} \cdot \Delta\dot{V}_1^2 + \Delta\dot{V}_1^3, \quad (1.0)$$

$$(\dot{V} - \Delta\dot{V}_2)^3 = \dot{V}^3 - 3 \cdot \dot{V}^2 \cdot \Delta\dot{V}_2 + 3 \cdot \dot{V} \cdot \Delta\dot{V}_2^2 - \Delta\dot{V}_2^3 = \dot{V}^3 - 3 \cdot \dot{V}^2 \cdot \Delta\dot{V}_2 + 3 \cdot \dot{V} \cdot \Delta\dot{V}_2^2 + \Delta\dot{V}_2^3 = \dot{V}^3 - 3 \cdot \dot{V}^2 \cdot \Delta\dot{V}_2 + 3 \cdot \dot{V} \cdot \Delta\dot{V}_2^2 + \Delta\dot{V}_2^3 \quad (1.1)$$

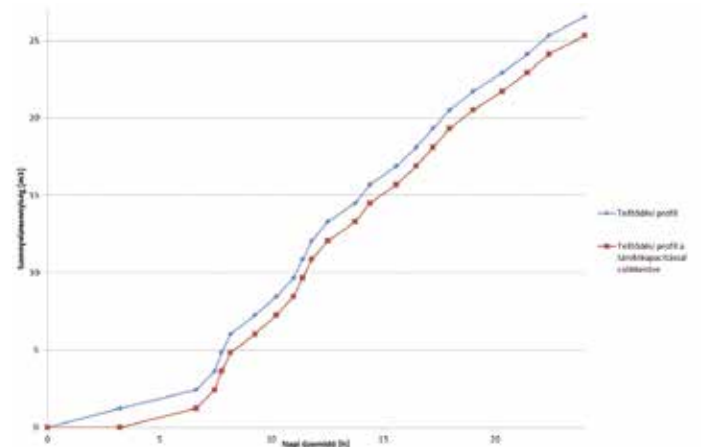
Ha a $\Delta\dot{V}_1 \equiv \Delta\dot{V}_2$ feltételezéssel élünk, azaz az egyik időpontban beállított kisebb eltérés azonos a másik elvételi időpontban az ezt kompenzáló, nagyobb mennyiséggel:

$$(\dot{V} + \Delta\dot{V})^3 - (\dot{V} - \Delta\dot{V})^3 = 6 \cdot \dot{V}^2 \cdot |\Delta\dot{V}| > 0. \quad (1.2)$$

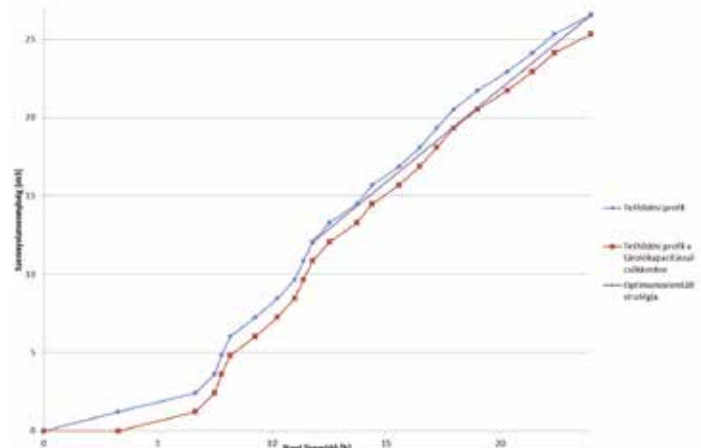
Itt az a kérdés vizsgálendő meg, hogy a betárolódás mértéke nem lépi-e túl a tározó térfogatát. Ennek vizsgálatához a 9. ábra szerint kell eljárni. A tényleges szennyvízprofil értékeiből vonjuk le a betárolható szennyvízmennyiség nagyságát. Ekkor a törtvonalas stratégia az optimális. A 10. és 11. ábrán bemutatunk egy szinttartó és egy optimumorientált stratégiát.



9. ábra: Töltődési profil és a tárolókapacitással csökkentett profil szemléltetése



10. ábra: Szinttartó stratégia



11. ábra: Optimumorientált stratégia

A stratégiákra kiszámolt napi energiateljesítmény arányértékek a következők:

telítődési profilt követő törtvonalas stratégiával (9. ábra): 86,84 egység
szinttartó stratégiával (10. ábra): 86,69 egység
optimumorientált stratégiát alkalmazva: 81,41 egység

Az egyes stratégiákkal elérhető elméleti megtakarítások mértéke a telítődési profilt követő törtvonalas stratégiához képest:

szinttartó stratégiával: 0,17%

optimumorientált stratégiával: 6,26%

Természetesen ezek a mutatók nem tartalmazzák a tényleges szivattyúüzemben mutatkozó hatásfokváltozásokat és a mostani üzemiállapot-hoz viszonyított megtakarításokat.

5. A szabályozási rendszer

Az előzőekben bemutatottak alapján elkészítettük az egyes átemelők menetrejéjét több év napi átlagainak alapján. Megkülönböztettünk hétköznapokat, hétvégéket és ünnepnapokat az eltérő fogyasztási szokások alapján. Az aknák szabályozása ezáltal három különböző szinten valósul meg.

1. Az aknák mindegyikének rendelkeznie kell autonóm helyi PLC szabályozással, amelyik
 - képes az akna szabályozásának alapfeladatait ellátni,
 - képes a szélsőséges aknaszinteket kezelni (leürülés, maximum szint elérése),
 - a memóriájában tárolt szennyvízhozam-menetrend alapján képes szennyvízszállítást korlátozottan optimális szállítással megvalósítani.

Ez utóbbi azt jelenti, hogy az akna szabályozása csak abban az esetben valósít meg optimális szállítást, ha a napi szennyvízhozam-menetrend pontosan megegyezik a memóriájában lévő, előre jelzett menetrejéjével. Az aknában lévő PLC korlátozott képességei miatt nem alkalmas arra, hogy az előre jelzett menetrejéjéhez való eltérés esetén az optimális szállítást új paramétereit önállóan meghatározza.

Ez a működés a szabályozás vésszműködését jelenti, amire csak akkor van szükség, ha valamilyen okból megszakad a kommunikáció az akna és a központi felügyelet között. Normál körülmények között az aknák meghatározott ciklusidő szerint (minimum 1 percnként) kommunikálnak egymással. A kommunikáció során az akna elküldi a központi szabályozás számára az akna pillanatnyi szintjét, az pedig a következő kommunikációs ciklusban megadja az akna számára az előre jelzettől eltérő szennyvízhozam esetére meghatározott optimális, módosított térfogatáramot (pontosabban az akna megvalósításához szükséges szivattyúfrekvenciát).

2. A központi szabályozás a kommunikációs ciklusokban minden akna számára meghatároz egy, az előre jelzettől eltérő körülményekhez alkalmazkodó optimális szállítási térfogatáramot. Ez a térfogatáram minden ciklusban minden aknára kiszámításra kerül, és a központi szabályozás ciklusonként elküldi az aknáknak az ennek megvalósításához szükséges szivattyúfrekvenciát. Ez felülírja az aknák PLC-jében tárolt szállítási menetrejéket, de nem írja felül a minimum és maximum szintekre vonatkozó protokollokat.

3. Amennyiben a szennyvíztelep terhelése indokolja, a központi szabályozás felülírhatja a 2. pont szerinti, a szivattyúzás minimális energiafelhasználását célzó szabályozási stratégiát. A várható terhelési csúcsok előtt a központi szabályozás leürítheti az aknákat, akár az energiafelhasználás szempontjából optimális stratégiát is felülírva, a csúcsok idején pedig azok szintjét a szennyvíz betárolása érdekében akár a maximumig is növelheti.

6. Eredmények

A tervezett rendszer 2016-ban valósult meg. Az üzemeltetés során az elsődleges pozitívum, hogy a szennyvíztisztító telepre érkező szennyvíz intenzitása kiegyenlítettebb lett. Az átemelő rendszer tározókapacitása nagyjából 100 m³, ami nem jelent nagy pufferelesési lehetőséget a telepre érkező napi 2000 m³ szennyvíz esetében, mégis képes arra, hogy csökkentse az intenzitási csúcsokat. Az új üzemeltetési stratégia ezen felül energiamegtakarítással járt, ami a fajlagosokban is látszik. A rendszer bevezetése előtt 0,24 kWh/m³ volt az átlagos energiaigény, ami a módosítás után 0,2-0,22 kWh/m³ értékre csökkent. Feltehetjük a kérdést, hogy végül megérte-e a beruházás. Azt kell mondani, hogy igen. Laposodtak a szennyvíztisztító telepre beérkező intenzitási csúcsok, így kiegyenlítettebb a terhelés és csökkent a fajlagos energiaigény. A nagy beruházási költség miatt viszont pályázat nélkül húsz éven belül sem térül meg az átalakítás, így a módszer alkalmazását inkább az új rendszerek tervezésénél célszerű alkalmazni, ahol a fenti eljárás nem jelent nagy pluszköltséget a beruházásban, viszont egy rendszerben, nem pedig különálló egységekben gondolkodó hálózatot tudunk létrehozni.

7. Irodalomjegyzék

[1] Garbai László, Jasper Andor: *A matematikai rendszerelmélet feldolgozása és alkalmazása épületgépészeti optimalizációs feladatok megoldására; MAGYAR ÉPÜLETGÉPÉSZET 59: (3) pp. 3-6. (2011)*

[2] Garbai László: *Táv hőellátás: Hőszállítás; Budapest, Typotex Kiadó, 2012. 956 p. (ISBN: 978-963-279-739-7)*

Vízű Panoráma / A Magyar Víziközmű Szövetség lapja
Kiadja a Magyar Víziközmű Szövetség
Felelős kiadó Nagy Edit / Főszerkesztő Mária Igéti Bence
A főszerkesztő munkatársai Várszegi Csaba, Tary Dávid,
Kasperkiewicz Kinga, Kreitner Krisztina
Szerkesztőség 1051 Budapest, Sas utca 25., IV. em.
Telefon +36 30 315 2472 E-mail vizmu.panorama@maviz.org
Honlap www.maviz.org/vizmupanorama
Hirdetésszervezés Tary Dávid / E-mail tary.david@maviz.org
Lapterv BrandAvenue / Korrektor BrandAvenue
Nyomda Present Művészeti és Szolgáltató Kft.
Nyilvántartási szám B/SZI/1925/1993 302-5066
ISSN 1217-7032 / Minden jog fenntartva

Lapunkat rendszeresen szemléli a megújult
www.observer.hu

OBSEVER

VÍZ
MŰ
PANORÁMA



A Vízű Panoráma
a megjelenéssel
egy időben elérhető
a MaVíz honlapján!