

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA 2022

SAPIENTIA EMTE - CSÍKSZEREDAI KAR

Egy vízelosztó hálózat víz auditjának elkészítése és elemzése

Készítette: Verestoy Réka, Környezetmérnök hallgató, IV. évfolyam

Témavezető: dr. ing. Szilveszter Szabolcs, Biomérnöki tanszék

Csíkszereda

2022.május.10

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés: ivóvízszolgáltatás	4
1.1. Ivóvízszolgáltatással járó problémák	5
1.1.1. Veszteség az ivóvízhálózatokban	5
1.1.2. Energiaveszteségek	6
1.2. Kutatás célja	6
1.3. IWA vízmérleg	7
1.3.1. Vízveszteségek teljesítmény mutatói	9
1.4. Vízveszteséget csökkentő módszerek, hibakeresési eljárások	12
2. Anyag és módszer	14
2.1. A víz auditálás módszertana	14
2.1.1. Adatbevitel az AWWA Vízaudit Szoftverbe	15
2.1.2. Vízaudit kitöltési útmutató	20
2.2. Kézdivásárhelyi ivóvízszolgáltató adatai	21
3. Eredmények kiértékelése	23
Hivatkozások	28

Kivonat

Egy ivóvízszolgáltató feladata a megfelelő minőségű ivóvíz előállítása, fogyasztókhoz juttatása minőségromlás nélkül olyan módon, hogy az gazdaságilag minél fenntarthatóbb legyen. Napjainkban a több évtizedes hálózatok, növekedő vízigény egyre kellemetlenebb helyzetbe hozza rentabilitás szempontjából a szolgáltatókat mivel az infrastruktúra elévülése, a rendszer teljes komplex állapotát leíró múltbeli és jelen adatok foghíjas léte nehéz alapot nyújtanak megfelelő működtetési és karbantartási stratégiák kidolgozására. Az egyik legfontosabb mutató vízszolgáltatás fenntarthatóságának az értékesítési különbözet, kiszámlázatlan vízmennyiség (Non-revenue water, NRW) értéke. Az NRW a hálózatba betáplált és a számlázott vízmennyiség közötti különbség.

Kutatásom során egy vízauditot végeztem IWA/AWWA módszer alapján melyet az Amerikai Vízügyi Szövetség (AWWA) és a Nemzetközi Vízügyi Szövetség (IWA) közösen fejlesztett ki. Az audit során vízmérleget határoztam meg egy helyi vízszolgáltatónál mely során a látszólagos és valóságos vízveszteséget számoltam. Egy adat begyűjtési módszertant fogalmaztam meg amivel évről évre lehet az excel alapú ingyenes programban a vízmérleget könnyebben számolni ugyanakkor a részletes vízmérleg komponensekből vízveszteségi mutatókat számoltam.

1. Bevezetés: ivóvízszolgáltatás

A víz az élet egyik alapköve. Az emberi szervezet víztartalma nagyjából 70%, iváson kívül szükség van rá mosáshoz, főzéshez, takarításhoz, élelmiszer termesztéshez, higiéniai szükségletek kielégítéséhez, tehát a víz a mindennapok szerves részét képezi. (Boyd, 2021)

A vízhez és a szennyvízelvezetéshez való hozzáférés a fenntartható társadalmi-gazdasági valamint emberi fejlődés legfontosabb kérdése, 2010 Júniusában tisztázódott a vízhez és higiéniahoz való hozzáférés.

Az elmúlt húsz évben megtörtént természeti katasztrófák háromnegyede köthető valamilyen formában a vízhez, árvizek, aszályok, földcsuszamlások, szélsőséges időjárások formájában, melyek közül az aszály okozta a legtöbb kárt úgy gazdasági, mint morális tekintetben. (Boyd, 2021)

A Föld vízkészletének 98%-a az ember számára ihatatlan sós víz, és csupán 2%-a édesvíz. Az ember számára fogyasztható édesvíz nagy rész a fölfelszín alatt található talajvizek formájában, valamint a talaj felett folyókban, patakokban, tavakban, és egy nagyon kis része pedig megtalálható az atmoszférában, köd, vízgőz, felhők formájában. A populáció növekedésével nő az édesvízre való igény is, fejlettebb országokban akár háromszor több víz használdik el, mint amennyit a természetes vízkörforgás tudna biztosítani. (Kovács és Kárpáti, 2013)

A fogyasztók vízzel való ellátása nem egy egyszerű feladat, ugyanis egy adott víztömegnek számos folyamaton és berendezésen kell keresztül menni, amíg a fogyasztók számára biztonságosan használhatóvá válik.

A folyamat első lépése a víz kitermelése, ez történhet felszíni – folyók, patakok, források, természetes és mesterséges tavak -, vagy felszín alatti vízforrásokból. A felszín alatti vizek kitermelése hosszadalmasabb és költségesebb folyamatnak bizonyul, ugyanis a rétegvizek, vagy karsztvizek kinyeréséhez kutak fúrása, fenntartása és működtetése szükséges. Második lépés a víz megtisztítása és fertőtlenítése, ez számos módon történhet, függ a szolgáltatótól és a nyers víz minőségétől. Általában és leggyakrabban használt fizikai tisztítási módszerek az üleptetés és a szűrés, fertőtlenítés során pedig a legelterjedtebb módszer a klórozás. Amint a megtisztított víz megfelel az ország aktuális ivóvízszabványainak, valamint bekerült a vízellátó hálózatokba, számít

ivóvíznek (GVH, 2008). Az vízellátó hálózatok alatt az ivóvíz szállítására használt összefüggő vezetékek rendszerét értjük. (Solti, 2010)

1.1. Ivóvízszolgáltatással járó problémák

A vízügyi szektorban működő köz- vagy magánszolgáltatóknak hatékony auditálási stratégiával kell rendelkezniük, hogy minden lényeges vízminőségi paramétert tudjanak monitorozni, mely tükrözi a vállalat állapotát. Általánosan véve, egy vízügyi audit különböző vízzel kapcsolatos elemzések halmazából áll, tartalmaznia kell a közműbe be- és kimenő vízmennyiséget és minőséget, a vízellátó rendszer alapos nyilvántartását, és helyszíni vízvizsgálati eredményeket. Megfelelő monitoring és gyakorlatok mellett nyomon lehet követni a víz útját, valamint a bevételkieséseket, mely gyakorlatok magukba foglalják a szivárgás ellenőrzését, a termelési folyamatokat, illetve mérik a fogyasztást. (Szilveszter, 2013)

A vízszolgáltatók fő célja az ivóvíz előírásoknak megfelelő előállítása a fogyasztók számára, valamint a hálózaton belül történő vízveszteségek minimálisra csökkentése. A vízveszteség fontos mutatója a vízelosztási hatékonyság pozitív vagy negatív irányba történő alakulásának. A. Lambert (Lambert & McKenzie, 2002) három víz és bevételkiesési problémát fogalmazott meg, melyek közül az első kategóriába tartoznak a technikai jellegű problémák, mely szerint a szolgáltatott víz nem minden esetben jut el a fogyasztóhoz. Második kategória a pénzügyi és gazdasági problémák, melynek középpontjában áll az a tény, hogy a fogyasztók nem fizetik ki az összes szolgáltatott vizet. Végül pedig a terminológiai problémák alatt a víz és a bevételkiesési definíciók hiányát értjük. (Szilveszter, 2013)

1.1.1. Veszteség az ivóvízhálózatokban

Hálózati vízveszteségen a kitermelt vízmennyiség, és a kiszámlázott vízmennyiség közötti különbséget értjük. Ennek több oka is lehet, mint a szivárgás, a folyamatosan romló infrastruktúra, a helytelen víznyomás-kezelés, pontatlan vízórák és számlázórendszerek, illetve az illegális rákötések. Ezen okokból kifolyólag, globális tekintetben az ivóvízkészletek 25-50%-a elvész a vezetékekből, valamint kiszámlázatlanul marad. (Vízveszteség - Vízhatékonyság, 2019)

1.1.2. Energiaveszteségek

Az energia és a víz egymással szoros összefüggésben állnak, ugyanis az energiaszükségletek kielégítéséhez vízre van szükség, például üzemanyag előállítás, ugyanakkor energiára van szükség a víz kitermeléséhez, tisztításához, elosztásához. A víztakarékosság energiát takarít meg, illetve ezen állítás fordítottja is igaz, ez a folyamat technológia fejlődésével is magyarázható, ugyanis az energiatakarékos berendezések vizet takaríthatnak meg, míg a víztakarékos berendezések energiát spórolhatnak meg. (Coplenad és Carter, 2017)

A víz energiaszükséglete változatos, sok tényezőt figyelembe kell venni, például a víz kiszivattyúzása (a felszíni szivattyúzás kevesebb energiát igényel mint a talajvíz kiszívása), kezelése (a jó minőségű nyersvíz kevesebb kezelést igényel), tervezett végfelhasználása és elosztása (minél messzebb kell elszállítani a vizet, annál nagyobb az energiaigénye), a rendszerben történő veszteségek szivárgás vagy evaporáció miatt, szennyvízkezelés mértéke és szintje (szigorú betartása a törvényben megfogalmazott határértékeknek). Az energiafelhasználásának intenzitás függ olyan tényezőktől is, mint a domborzat – főleg a szivattyúzás esetén nagy befolyásoló -, éghajlat, szezonális átlaghőmérséklet és csapadék. (Coplenad és Carter, 2017)

1.2. Kutatás célja

Egy ivóvízszolgáltató feladata a megfelelő minőségű ivóvíz előállítása, fogyasztókhoz juttatása minőségromlás nélkül olyan módon, hogy az gazdaságilag minél fenntarthatóbb legyen. Napjainkban a több évtizedes hálózatok, növekvő vízigény egyre kellemetlenebb helyzetbe hozza rentabilitás szempontjából a szolgáltatókat mivel az infrastruktúra elévülése, a rendszer teljes komplex állapotát leíró múltbeli és jelen adatok foghíjas léte nehéz alapot nyújtanak megfelelő működtetési és karbantartási stratégiák kidolgozására. Az egyik legfontosabb mutató vízszolgáltatás fenntarthatóságának az értékesítési különbözet, kiszámlázatlan vízmennyiség (Non Revenue Water, NRW) értéke. Az NRW a hálózatba betáplált és a számlázott vízmennyiség közötti különbség.

Kutatásom során egy vízauditot végeztem IWA/AWWA módszer alapján melyet az Amerikai Vízügyi Szövetség (AWWA) és a Nemzetközi Vízügyi Szövetség (IWA) közösen fejlesztett ki. Az audit során vízmérleget határoztam meg egy helyi vízszolgáltatónál, mely során

a látszólagos és valóságos vízvesztéséget számoltam. Egy adat begyűjtési módszertant fogalmaztam meg amivel évről évre lehet az Excel alapú ingyenes programban a vízmérleget könnyebben számolni ugyanakkor a részletes vízmérleg komponensekből vízvesztései mutatókat számoltam.

1.3. IWA vízmérleg

Az elmúlt két évtizedben a Nemzetközi Vízügyi Szövetség (International Water Association, továbbiakban IWA) kifejlesztett olyan módszereket, más szervezetek segítségével, melyek segítik a közműveket a vízvesztések felmérésében, értékelésében. Mivel sok országba félreértelmezések történtek az addig leírtakkal, kidolgoztak egy egyszerű, érthető, és hatásos vízmérleget, melyet legelőször Lambert és Hirner (2000) mutattak be, illetve ők nevezték el IWA vízmérlegnek. (Al-Washali és mtsai, 2016)

Rendszerbe táplált víz mennyisége (System Input Volume)	Jogszerű vízfelhasználás (Authorized consumption)	Számlázott, jogszerű fogyasztás (Billed Authorized Consumption)	Mért, számlázott (Billed Metered)	Értékesített víz (Revenue Water)
			Nem mért, számlázott (Billed Unmetered)	
		Nem számlázott jogszerű fogyasztás (Unbilled Authorized Consumption)	Mért, nem számlázott (Unbilled Metered)	Kiszámlázatlan víz (Non Revenue Water)
			Nem mért, nem számlázott (Unbilled Unmetered)	
	Vízvesztés (Water Losses)	Látszólagos veszteség (kereskedelmi) (Apparent Losses)	Illegális fogyasztás (Unauthorized)	
			Mérési pontatlanság (Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors)	
		Valós veszteség (szivárgás) (Real Losses)	Szivárgás szállító - és elosztóvezetéken (Leakage in Transmission and Distribution Mains)	
			Tározó szivárgás és túlfolyás (Storage Leaks and Overflow from Water Storage Tanks)	
			Fogyasztó csatlakozói veszteség a vízáráig (Service Connections Leaks up to the Meter)	

1. Ábra: IWA vízmérleg (forrás: saját ábra)

A vízmérleg számítások számszerűsítik a rendszerbe bekerülő teljes vízmennyiséget, ami magába foglalja a jogszerű fogyasztás (Authorized Consumption, lásd 1.Ábra) - lehet számlázott

vagy számlázatlan, mért és nem mért -, és a vízveszteségeket (Water Losses, lásd 1.Ábra) – látszólagos és valós.

Az IWA vízmérlegen látható első oszlop, a rendszerbe táplált vízmennyisége (System Input Volume), mely a vízelosztó rendszerbe szállított teljes vízmennyiséget jelenti, korrigálva az esetleges hibákat. Tartalmazza a vásárolt felszíni és felszín alatti vízmennyiségeket, a közmű saját kútjain keresztül nyert vizet, más szolgáltatótól vásárolt vizet, illetve bármilyen más forrásból származó vízmennyiségeket. (Szilveszter, 2013)

- A termelésmérő pontossága: a mérők pontosan kalibráltak és jól karbantartva kell legyenek, hogy biztosítani tudjanak egy nagy fokú pontosságot. A kopás, az üzemzavarok vagy a nem megfelelő installáció bizonyos fokú pontatlanságot vonhat maga után, bármely közmű esetén.
- Korrigált rendszerbe táplált víztérfogat: a termelési mérő pontosságát százalékban adjuk meg. A rendszerbe táplált térfogatot elosztva a pontossággal, megadja a korrigált betáplálású térfogatot, ami ténylegesen bekerül a vízelosztó rendszerbe. A pontatlan mérők miatt általában ez az érték nagyobb, mint a bejelentett mennyiség.

A bemenő összes vízmennyiséget két részre lehet osztani, az első, a már korábban említett jogszerű fogyasztás, amelybe minden közszolgáltató és ügyfél által használt víz beletartozik, tehát nem csak a lakossági és kereskedelmi szektorokban felhasznált mennyiségeket értjük, hanem a tűzoltáshoz, szökőkutakhoz, önkormányzati tájöntözéshez, városi hivatalokhoz, város takarításához, és sok egyéb területhez szükséges víz. Röviden, az az összes víz, amire a közmű engedélyt adott a felhasználáshoz, lehet mért vagy nem mért, számlázott vagy számlázatlan, és ezek kombinációi.

- Mért, számlázott: megfelelően mért és számlázott víz.
- Nem mért, számlázott: egy becsült mennyiségű víz eladásra kerül, de nincs lemérve, például az utcaseprő autók, vagy olyan vállalkozások, melyek használnak vízcsapokat.
- Mért, nem számlázott: megmért mennyiségű víz, amely nincs leszámlázva.
- Nem mért, nem számlázott: becsült vízmennyiség melyet nem számláznak, viszont nem is mérnek, például vezetékek öblítése.

A második rész a vízveszteségek, amit úgy kapunk meg, hogy kivonjuk a rendszer korrigált bemeneti mennyiségéből a vízfelhasználást (jogszerű fogyasztás). A vízveszteségeknek két fő osztályozása van: látszólagos és valós vízveszteségek. A látszólagos veszteség értékelése a fogyasztói kiskereskedelmi árfolyamon történik, míg a valódi veszteséget a víz változó előállítási költségén számítják ki.

- Látszólagos vízveszteség: elhasznált, de ki nem fizetett vízmennyiség, akkor fordul elő, mikor a víz eljut a vásárlóhoz, de a mennyiséget nem pontosan mérik, ennek oka lehet a vízmérő pontatlansága, az adatrendszerben előforduló hibás információk, vagy a nem engedélyezett vízfelhasználás.
- Valódi veszteségek: az ún. fizikai veszteségek, melyek magukba foglalják az infrastruktúra problémáit, például a szivárgást, melyek hatására a víziközművek kénytelen több vizet szolgáltatassanak. Ezeket a veszteségeket általában a változó termelési ráta alapján értékelik, azonban, ha közmű hiányt tapasztal, akkor a vásárló kiskereskedelmi árfolyamán fogják értékelni.

Az értékesített víz (Revenue Water) a nagykereskedelmi exportált vízből áll, mely a számlázott és mért, számlázott és nem mért mennyiségeket tartalmazza. A kiszámlázatlan víz (Non Revenue Water) kategóriába a látszólagos veszteségek, a valós veszteségek és a számlázatlan engedélyezett felhasználású vízmennyiségek tartoznak, tehát minden haszon nélküli mennyiség. (Szilveszter, 2013)

1.3.1. Vízveszteségek teljesítmény mutatói

Az IWA vízveszteségekkel foglalkozó munkáscsoport a következő egyenletet határozta meg:

$$TIRL = \frac{CARL}{N_c} \left[\frac{L}{\text{rácsatlakozások száma} \cdot \text{nap}} \right] \quad (1)$$

ahol: TIRL - (Technical Indicator for Real Losses) a valós veszteségek műszaki mutatója,

CARL - (Annual volume of Real Losses) a valódi veszteségek éves térfogata,

N_c - (Number of Service Connections) azon fogyasztók száma, akik rácsatlakoztak az ivóvíz elosztó hálózatra.

A munkacsoport ajánlotta az értékek további elemzését egy adott rendszer esetében, úgy hogy összehasonlítták az elkerülhetetlen éves valódi veszteségekkel, figyelembe véve a helyi rákapcsolódások sűrűségét, a mérőműszerek elhelyezkedését, az átlagos üzemi nyomást.

A szivárgáskezelési szakemberek felismerték azt a tényt, hogy lehetetlen kiküszöbölni az összes valódi veszteséget egy nagy vízelosztó rendszerből, ezért számolni kell elkerülhetetlen évi valódi veszteségekkel (Unavoidable Annual Real Losses). Ha a helyi tényezőket figyelembe véve is mérhető az UARL értéke, akkor a TIRL aránya az UARL-hoz lehetőséget nyújt a tényleges veszteségek teljesítménymutatójának pontosabb meghatározásához. Az UARL értéke a következő képlet alapján számolható:

$$UARL = \left(A \cdot L_m + B + C \cdot \frac{L_p}{N_c} \right) \quad (2)$$

ahol: A , B , C - nemzetközi adatok statisztikai elemzéséből származó konstansok: $A = 18$, $B = 0,80$, $C = 25$,

L_m - hálózati adapterek hossza (km),

L_p – a föld alatti csövek teljes hossza az utca széle és az ügyfélmérők között (km),

P – az átlagos nyomása a nyomás alatti rendszernek (m).

A TIRL és az UARL aránya dimenziómentes infrastruktúra szivárgás indexxé (IL) válik, amely értékelhetővé teszi az infrastruktúra menedzsment teljesítményét, a nyomás hatásától függetlenül. Az ILI azt méri, hogy az elosztó hálózatok mennyire kezelik jól a valódi veszteségeket. Az infrastruktúra szivárgási indexe a valódi éves veszteségek és az elkerülhetetlen évi valódi veszteségek aránya, tehát:

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \quad (3)$$

Mivel az ILI-nek nincsen mértékegysége, megkönnyíti a különböző mértékegységeket használó országok adatainak összehasonlítását. Például, ha egy rendszer ILI értéke 1, akkor a kiváló rendszerként tekinthető, ha ez az érték 10, akkor a rendszer rosszul van karbantartva. Az

infrastruktúra szivárgási indexel két fő probléma van, az egyik, hogy sok országban nincsenek tisztában a fogalmával és a használatával, a másik a korlátozott megértése és elfogadása. Bizonyos esetekben azért nem használják, mert a 10%-os veszteség elfogadhatónak tűnik, holott az ILI felvilágosítást adhat arról, hogy a valódi szivárgási tényező messze is állhat ettől az értéktől, más esetekben pedig a vízvesztésekkel foglalkozó munkacsoport tévedése, amely szerint az ILI-t nem kell használni 25 m-nél kisebb nyomású vagy kevesebb, mint 5000 rácsatlakozású rendszerek esetén.

Az ILI műszaki teljesítménymutatója felhasználható a különböző területek és országok vízellátó rendszereinek összehasonlítása. Lambert és mtsai (2002) a következő teljesítménymutatókat javasolta:

1. Táblázat: Teljesítmény értékelési kritériumok a fejlett és fejlődő országok számára (forrás: Lambert és mtsai, 2002)

Műszaki teljesítmény kategóriák:		ILI	Liter/fogyasztó/nap (ha a rendszer túlnyomása alatt áll) a következő nyomás értékeken:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Fejlett országok	A	1-2		<50	<75	<100	<125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	>400	>500
Fejlődő országok	A	1-4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

Az 1.Táblázat alapján látható, hogy a fejlődő és fejlett országok számára különböző ILI tartományokat biztosítottak. A javaslat a vízközműveken belüli szivárgásokat négy kategóriába sorolja, az ILI értékek alapján a következők szerint:

- A kategória: a jövőbeni veszteségcsökkentések gazdaságilag szükségtelenek, hacsak nincsenek hiányok, figyelmes elemzésre van szükség a költséghatékony fejlődéshez.
- B kategória: fennállnak javulási lehetőségek, nyomásmenedzsment újragondolás szükséges, jobb szivárgáskezelési gyakorlatot és karbantartás igényel.
- C kategória: rossz szivárgási rekord, csak bőséges vízforrások és kedvező ár esetén ajánlott, viszont ebben az esetben is szükséges a szivárgás szintjének és jellegének elemzése, szivárgáscsökkentési erőfeszítések fokozása.
- D kategória: az erőforrások nem hatékony felhasználása, kiemelt fontosságúak a szivárgáscsökkentő intézkedések biztosítása.

1.4. Vízvesztés csökkentő módszerek, hibakeresési eljárások

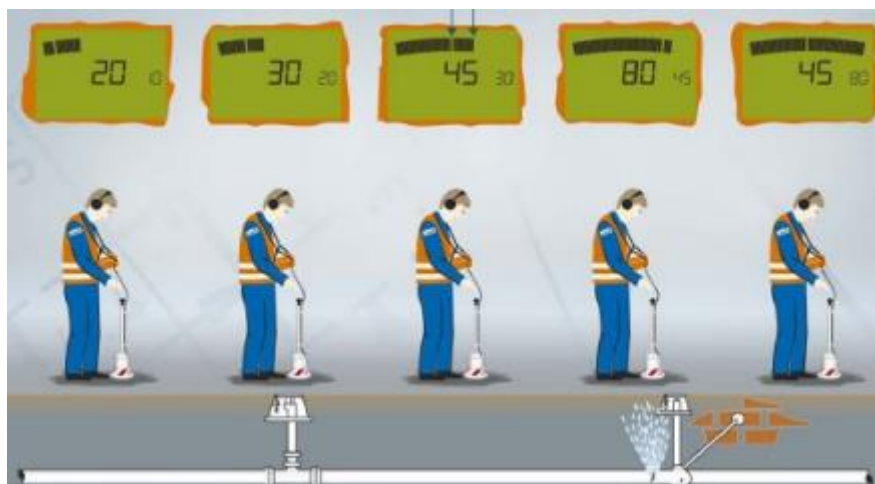
A hálózati hibák felderítésének története visszanyúlik az ókorba, például véve az ókori Rómában hétszáz ember volt felelős a vízellátó rendszerek karbantartásáért és felügyeléséért, nem csak a hibák elhárítása érdekében, hanem a víztolvajok ellen is próbáltak védekezni a folyamatos felügyelettel. Felfigyeltek arra, hogy a különböző szektorokban történő csőszakadás más-más zajokat bocsátanak ki, így külön részlegek foglalkoztak a vezetékek, medencék, források karbantartásával és felügyeletével. Fából készül pálcákkal ellenőrizték a vezetékeket oly módon, hogy hozzáérintették, vagy a földalatti vezetékek esetén a talajba ütötték a pálcákat, kihasználva azok rezgésvezető és hangátadó képességeiket. (Solti, 2010)

A rómaiak megoldását alapul véve születtek meg a különböző elektroakusztikus készülékek, a 19.század második felében, ám ezek nem voltak alkalmasak a hibák teljes körű feltárására, ugyanis a csőrepedések/csőtörések előidézte rezgések fokozatosan enyhültek a hibahelytől távolodva, a lehallgatásokat befolyásolták a környezeti zajok is, valamint a lehallgatást végző személy is egy fontos tényező volt, mert a hangok felismerése függött a gyakorlottságától és a tudásától. (Solti, 2010)

Modern változataiban megkülönböztetünk akusztikus lehallgatásos illetve akusztikus korrelációs módszereket. Az előbbi a hibahelyről származó zajintenzitást méri, míg az utóbbi a kárhely két oldalán kiáramló víz keltette rezgéseket méri. A kontakt lehallgatók, az akusztikus lehallgatás egyik módszere, a csővezetékek falára vannak felszerelve, nagy érzékenységű mikrofonokkal és tapogató rudazattal vannak ellátva, mérik a csőfalon terjedő rezgéseket. A talajmikrofonok, más néven geofonok, észlelik a talajban terjedő, felszínre érkező rezgéseket. Akusztikus korreláció esetén, ha két érzékelő műszer között nagy a távolság, akkor az egyik érzékelőn felfogott rezgéseket a másik érzékelő időeltávolodásával hasonlítja össze, így lehet bemérni a kár hozzávetőleges helyét. (Solti, 2010)

Az infravörös mérési eljárás során a hőmérsékletkülönbségek keresésére fektetődik a hangsúly, mivel az átnedvesedett talaj hőmérséklete különbözik a környező talaj hőmérsékletétől. Napfelkelte előtt, őszi vagy téli időszakban a legcélravezetőbb elvégezni a vizsgálatokat, amikor a talaj hőmérséklete 0°C körüli értékeket mutat, mert a kiszivárgó 6-10 °C-os víz jól érzékelhető hőképet fog mutatni. (Solti, 2010)

Egy másik hibakeresési módszer a légnyomásos módszer, nem túl elterjedt módszer, akkor szokták alkalmazni, mikor más módszer nem elérhető, vagy sikertelen eredményt mutat. Alapja, hogy a meghibásodott ponton a kiáramló levegő nyomása nagyobb, mint a vízé, általában jellegzetes hanghatás is társul mellé. (Solti, 2010)



2. Ábra: talajmikrofon működésének illusztrációja

(forrás: <http://www.becker.siteset.hu/fajl.php?id=3047>)

2. Anyag és módszer

2.1. A víz auditálás módszertana

A víz audit az 1980-as évek végén kezdett elterjedni, egy eszköz, a vízi menedzsment legfontosabb tényezője, amely segítségével egy racionális keretet lehet biztosítani a vízzel kapcsolatos problémákra, mint a szárazság, hiány, szivárgások és veszteségek. Azonosíthatóvá és számszerűsíthetővé válnak a lépések, melyek szükségesek a veszteségek és szivárgások kezelésére, visszaszólítására. (Ganorkar és mtsai., 2013)

Az auditálás a vízközmű-szolgáltatóknak évente el kell végezni azon okból kifolyólag, hogy idővel magas szintű adatérvényesülést és javuló vízvizsgálati eredményeket érjenek el. Az auditálás elvégzéséhez szükség két fontos tényező, az egyik a vízszolgáltató bemeneti adatai, lehetőleg egy virtuális táblázatban vezetve s tárolva, például Excel munkafüzetben, valamint a vízmérleg elkészítése és számolása, melyre egy hasznos program az AWWA Free Water Audit Software©. Ez a szoftver egy Excel alapú, angol nyelvű program, amely nyolc munkalapot tartalmaz, amelyek a következők:

- Instructions (Útmutató): ez a munkafüzet a szoftver áttekintése, mely tartalmaz magyarázatokat a további munkafüzetekről is, egyes cellák szómagyarázatát. Néhány cellához meg kell adni bizonyos adatokat, mint a kapcsolattartó neve, mértékegységek, és egyéb háttér adatok.
- Reporting (Beszámoló/Jelentés): ebbe a munkalapba kell megadni a vízmérleg számításához szükséges adatokat. Nagyjából 30 cella van, amely adatbevitelt igényel, és egy kevés, amelyek alapján használhatók bizonyos alapértékek. A cellák sarkában megjelenő piros háromszög fölött tartva a kurzort, hasznos információk jelennek meg, a cella kitöltését illetően. A kérdőjelekkel ellátott kék mezők a Definitions (Meghatározások) munkalaphoz navigálnak rákattintással.
- Water Balance (Vízmérleg): az előző munkalapba bevitt adatok alapján tartalmazza a vízfelhasználások lebontását. A vízközműveknek ezeket az értékeket kell felhasználniuk a rendszer bementi mennyiségének értékeléséhez, a fogyasztások és a veszteségek összegével.

- Grading Matrix (Osztályozási mátrix): információkat tartalmaz a Beszámoló munkalap adatai alapján arról, hogy hogyan lehet adatérvényesítési pontszámot rendelni az egyes bemeneti értékekhez. Egyértelmű útmutatás ad arról, hogy a jelenlegi érvényességi pontszámról hogyan lehet magasabb érvényességi pontszámra lépni.
- Service Connnections Diagram (Szolgáltatáskapcsolati diagramm): vizuális képet nyújt, tisztázza, hogy mit jelent az ügyfélszolgálati sor átlagos hossza. Ennek a számnak nullának kell lennie, kivéve, ha a mérő a házban található, ami csak hideg éghajlaton jellemző.
- Definitions (Meghatározások): azokat a kifejezéseket tartalmazza, amelyek szerepelnek más munkalapokon. Tartalmazza az egyes kifejezések jelentését, magyarázatát, illetve a vízgyensúly értékeinek kiszámolási módját.
- Loss Control Planing Diagram (Veszteségellenőrzés tervezési diagramja): az adat érvényesítési pontszámnak és az ILI értékének jelentése vonatkozó útmutatásokat tartalmazza, javaslatokat tartalmaz a rövid és hosszútávú veszteségellenőrzésről, az adatgyűjtésről és a teljesítményértékelésről is. (Szilveszter, 2013)

2.1.1. Adatbevitel az AWWA Vízaudit Szoftverbe

2. Ábra: Vízaudit szoftver “Reporting worksheet” ablaka

A fenti ábrán látható a vízaudit szoftver azon része, ahova a víz mérleg elkészítéséhez be kell vezetni az adatokat. A fehér mezőkbe írjuk be az adatokat (például Volume from own sources, ami a saját forrásból származó térfogat), a narancssárgában pedig a szoftver kiszámolja a bevezetett értékek függvényében (például Authorized Consumption, ami a jogszerű felhasználás).

Own Sources (Adjusted for known errors) 0,000	Water Exported 0,000	Billed Water Exported			
	Authorized Consumption 0,000	Billed Authorized Consumption 0,000	Billed Metered Consumption (inc. water exported) 0,000	Revenue Water 0,000	
		Unbilled Authorized Consumption 0,000	Billed Unmetered Consumption 0,000	Non-Revenue Water (NRW) 0,000	
			Unbilled Metered Consumption 0,000		
			Unbilled Unmetered Consumption 0,000		
	Unauthorized Consumption 0,000				
	Water Supplied 0,000	Apparent Losses 0,000	Customer Metering Inaccuracies 0,000	0,000	
			Systematic Data Handling Errors 0,000		
			Leakage on Transmission and/or Distribution Mains Not broken down		
			Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks Not broken down		
Water Imported 0,000	Water Losses 0,000	Real Losses 0,000	Leakage on Service Connections Not broken down		

Instructions

Reporting Worksheet

Water Balance

Grading Matrix

Service Connection Diagram

D

3.Ábra: a vízmérleg ábrázolása a “Water Balance” fül alatt

A szoftver jó útmutató dokumentációval rendelkezik, ennek ellenére szükséges arról is értekezni, hogy bizonyos cellákba milyen adatokat kell megadni. Ezek a cellák és értelmezésük az alábbiak:

Water Supplied (Szolgáltatott víz): a víztisztító telepből származó összes kezelt víz térfogatát, vagy egyéb elosztó hálózatba lépő kezelt víz mennyiségét kell beírni.

- Volume from „Own Sources” („Saját forrásból” származó térfogat): a telepet elhagyó víz mennyisége, melyet a mérőeszközök rögzítenek, ezt az adatot a havonta bejelentett vízórák állásából rögzítik. Ajánlott egy listába foglalni minden vízforrást, melyet egy tisztító telep felhasznál, ide tartoznak a felszín alatti vizek is, de nem a víztisztító telepen kezelt talajvíz. Az ebben a szakaszban szereplő főmérők csak a termelési főmérőkre vagy az elosztó rendszerbe történő áramlást mérő utolsó mérőkre vonatkozik.

- Production Meter Error Adjustment (Termelési főmérő hiba korrigálása):
- Water Imported (Importált víz): azokra a vízkészletekre vonatkozik, melyeket szomszédos közművektől vagy regionális vízügyi hatóságtól vásároltak. Azok az órák, melyek ezeknek a vizeknek a térfogatát mérik, tipikusan az eladó fél által vannak kalibrálva, ami az eladótól származó számlákon látható leginkább. A vevőnek rendszeresen kellene ellenőrizni ezen órák pontosságát.
- Water Exported (Exportált víz): arra a vízmennyiségre vonatkozik, melyet szomszédos közművek vagy regionális vízügyi hatóságok felvásároltak. Ha egy közmű az eladott víz évi mennyiségét bevezeti ebbe a cellába, az auditálást végző személy/személyek biztosak lehetnek abban, hogy ez az érték nincs beleszámítva a jogszerű felhasználás mért, számlázott kategóriájába.
- Authorized Consumption (Jogszerű vízfelhasználás): arra a térfogatra utal, melyet a fogyasztók igénybe vettek, nem tartoznak ide a más közműveknek eladott térfogatok. A továbbiakban láthatók ezen szekció alá tartozó általános kategóriák:
- Billed Metered (Mért, számlázott): az a vízmennyiség, mely mérve és számlázva van belföldön, kereskedelmi, ipari vagy kormányzati ügyfelek számára.
- Billed Unmetered (Nem mért, számlázott): olyan ügyfelek tartoznak ebben a kategóriába akiknek nincs lemérve az elhasznált víz mennyiségük, viszont fix díjas vagy egyéb módszer szerint kell fizetniük egy becsült értéket.
- Unbilled Metered (Mért, nem számlázott): olyan vizek tartoznak ebbe a kategóriába melyeket ingyen szolgáltatnak önkormányzati célokra.
- Unbilled Unmetered (Nem mért, nem számlázott): engedélyezett felhasználások, mint a tűzoltás, főcsatorna öblítés, utcák takarítása. Szintén egy előre meghatározott térfogatot kell fizetni, mely általában a saját forrásokból származó térfogat 1,25%-a, kivéve, ha tudják bizonyítani a felhasznált vízmennyiséget. Ha egy közmű saját értéket számol erre a kategóriára, akkor azt érdemes lenne egy munkafüzetbe vezetni, és elmagyarázni, hogyan számolták ki az adott értéket.

Water Losses (Vízvesztések): a látszólagos veszteségek az ügyfelek fogyasztási adataiból származó hibás adatokból erednek, három kategóriáját különböztetjük meg, melyek közül a jogosulatlan fogyasztás, az vízmérő pontatlansága és a szisztematikus adatkezelési hibák.

- Unauthorized Consumption (Illegális fogyasztás): magába foglalja az illegális rácsatlakozásokat, a tűzcsapok engedély nélküli jogtalan használatát, a mérők átállítása és még sok más. A vízszolgáltatók az alapértelmezett 0,25%-ot kellene használni, a saját forrásból származó térfogat értékeként, kivételt képez, ha pontos adatokkal tudnak szolgálni, hogy ez az érték miért eltérő az alapértelmezettől. A Software Guidance Document munkafüzetbe kellene vezetni azokat az adatokat és információkat, melyek jobb rálátást nyújthatnak a jogosulatlan felhasználás lehetséges forrásairól.
- Customer Metering Inaccuracies (Mérési pontatlanságok): a mérőórák kopásából, nem megfelelő méretezéséből vagy karbantartásából erednek. Abban az esetben, ha egy közmű rendelkezik mérővizsgálati, kalibrációs vagy csereprogrammal, a régi mérők kalibrálási különbségét ebben a kategóriában kell feltüntetni, ellenkező esetben, ha nem rendelkezik semmilyen csereprogrammal, akkor egy alapértelmezett 2%-ot kell használni. Az AWWA két útmutatót is megoszt, melyek tartalmazzák a vezetékek és mérőórák méretezését.
- Systematic Data Handling Errors (Szisztematikus adatkezelési hibák): a mérőleolvasás és a számlázó rendszerek közötti hibás kapcsolatra utal. Magába foglalja a számlázó rendszer bemeneti hibáit, számla módosításokat, ferde becsléseket, rossz könyvelést stb.

System Data (Rendszeradatok):

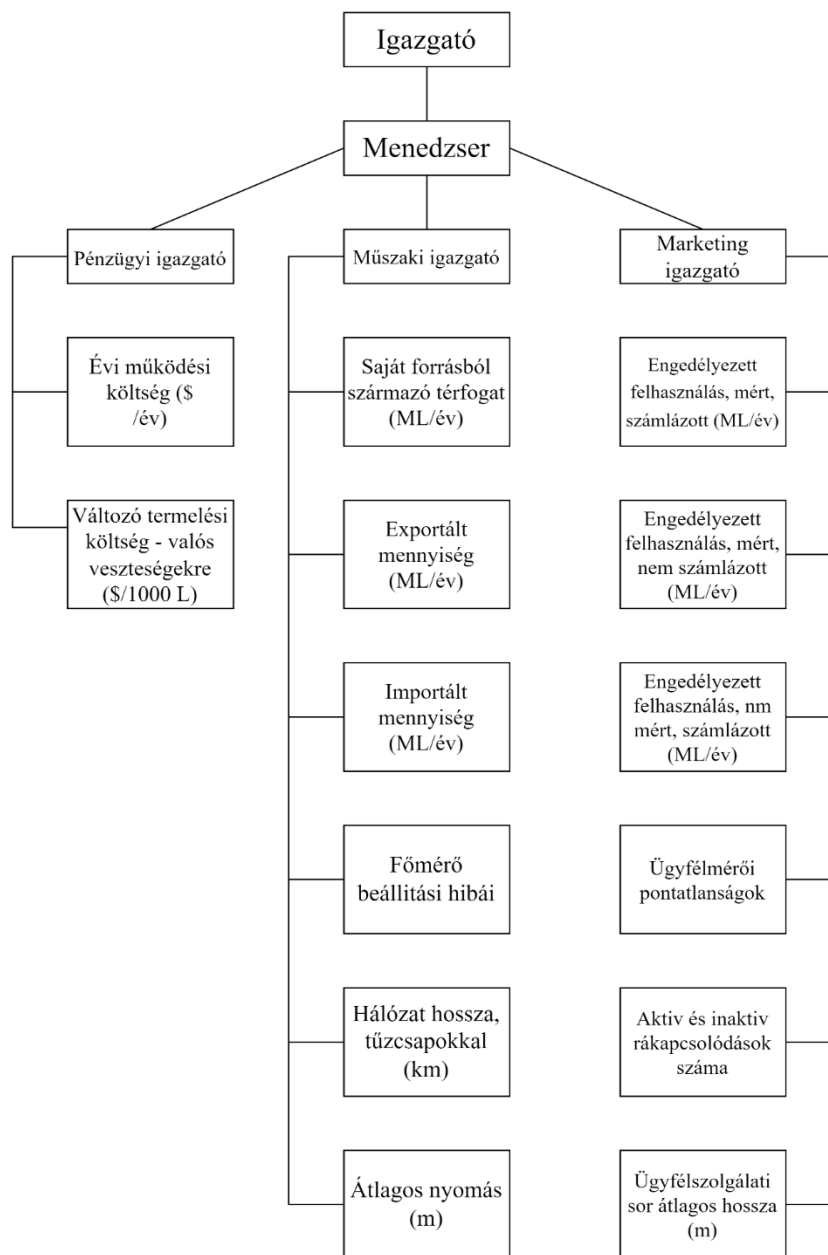
- Length of Mains (A hálózat hossza): a vízelosztó hálózat csővezetékeinek hossza, beleértve a tűzcsapokat is. Ebbe a hosszúságba nem tartozik bele az ügyfélszolgálati csatlakozási vonal, viszont az ügyfélszolgálati sor átlagos hosszába igen.
- Number of Active and Inactive Service Connections (Aktív és inaktív rákapcsolódások száma): az összes fizikai csatlakozási vonal száma, viszont ez nem a felhasználók száma, ugyanis egy felhasználónak lehet több csatlakozása is.
- Average Length of Customer Service Line (Ügyfélszolgálati sor átlagos hossza): ez az érték nulla, ha csak a vízórák nem a házakban vannak felszerelve.
- Average Operating Pressure (Átlagos üzemi nyomás): a rendszer nyomása egy lényeges adat, az UARL kiszámításához szükséges. Minden rendszernek sajátos nyomása van, mely függ a rendszer kiterjedtségétől, a magasság változásától, vízfogyasztási szokásoktól, és egyéb helyi tényezőktől. Hogy el lehessen kerülni az

IWA/AWWA vízveszteségek eredményeinek ferdeségét, a változó nyomásmérés következményeként, ajánlott a közműveknek Metro District Software Guidance Document nevű anyagot használni a változó rendszerbeli nyomás pontos kiszámolására. Az AWWA M-36-os kézikönyve kiváló alapanyag lehet az átlag nyomás meghatározására.

Cost Data (Költségadatok):

- Total Annual Cost of Operating Water System (Az üzemeltetés teljes évi költsége): ezek a költségek csak a közmű működtetéséért szükséges összegeket kellene tartalmazza, egyéb összegek lehetnek közös felszerelés, kötvény visszafizetések, nagykereskedelmi vízvásárlás. Nem tartoznak ebbe a kategóriába a szennyvíz kezelési, vagy bármilyen nem ivóvízzel kapcsolatos műveletek költségei.
- Customer Retail Unit Cost (Vevői kiskereskedelmi egységköltség): az az összeg, amelyet a fogyasztók fizetnek az ivóvíz szolgáltatásért, a veszteségekre vonatkoztatva. A lépcsőzetes vízdíjak mellett ajánlott egy súlyozott átlagérték használata, amit úgy számolnak ki, hogy a víz értékesítésből származó teljes év végi bevételt elosztanak a termelt mennyiséggel. Ez nem kellene tartalmazza a csatornázási díjat, az esővizet, vagy a biomassza kezelést, amennyiben vízfogyasztás alapúak. Habár ezek a költségek az elfogyasztott ivóvíz térfogatán alapulnak, sok esetben elferdítik az eredményeket.
- Variable Production Cost (Változó termelési költség): a víz kezelésének és elosztórendszerbe való juttatásának költsége, ide tartozik minden víztermelési és nagykereskedelmi vásárlási költség egyaránt. A végső árat el kell osztani a kitermelt víz térfogatával.

A vízaudit rendszeres alkalmazása segíthet az ivóvízellátó hálózatoknak a bemeneti adatok minőség javításában, minél érvényesebbek az adatok, annál biztosabbak lehetnek a vízközművek a vízvesztéscsökkentő programjaik sikerességében. (Szilveszter, 2013)



4. Ábra: különböző osztályok, akik segítenek minden szükséges információ beszerzéséhez az AWWA/IWA vízaudit elkészítéséhez (forrás: (Szilveszter, 2013))

2.1.2. Vízaudit kitöltési útmutató

A bemeneti paramétereket a fehér cellákba kell beírni, és ahova elérhető mért értékeket kell használni, amennyiben ezek nem állnak rendelkezésre, becsült értékeket kell használni. A beviteli cella bal oldalán található legördülő lista segítségével meg kell adni az érték

megbízhatósági szintjét, mely 1-10 skálán változik, az osztályzatok értékelési megtekinthetőek, ha az egeret a cella leírásokra mozgatjuk. (Szilveszter, 2013)

5. Ábra: kitöltési útmutató, a saját forrásból származó térfogat esetén

2.2. Kézdivásárhelyi ivóvízszolgáltató adatai

A sepsiszentgyörgyi Közülemek Rt. 2009 nov. 4.-én alakult át regionális szolgáltatóvá, Kovászna megye négy városában, Sepsiszentgyörgyön, Kézdivásárhelyen, Kovásznán és Bodzafordulón nyújt ivóvíz és csatornaszolgáltatást 102567 fogyasztó részére. Kézdivásárhelyen a közüzemek 7554 és 7702 fogyasztói csatlakozáson szolgáltattak 2020-ban, illetve 2021-ben.

2. Táblázat: ApaCOV adatai

	<i>Mértékegység</i>	<i>2020</i>	<i>2021</i>
Saját forrásból származó mennyiség	ML/év	1861,96	1404,99
Exportált vízmennyiség	ML/év	0,00	0,00
Importált vízmennyiség	ML/év	0,00	0,00
Jogszerű felhasználás, mért, számlázott	m3/év	640,34	604,80

Jogszerű felhasználás nem mért, számlázott	m3/év	4711,62	4,68284
Jogszerű felhasználás mért, nem számlázott	m3/év	194,080	18,44
Vízmérők pontatlansága	%	2,00	2,00
A hálózat hossza, a tűzcsapokat is beleszámítva	km	60,30	60,30
Aktív és inaktív felhasználók/csatlakozók száma	darab	7554	7702
Az ügyfelek átlag vezeték hossza fővezetékéről való leállás után	m	3,50	3,50
Átlag működési víznyomás	bar	3,00	3,10
Teljes évi üzemeltetési költség	\$/év	364245,4 3	278612,88
Vízszolgáltatás egységára (csak ivóvíz)	\$/1000 L	0,977	0,989
Változó előállítási költség	\$/1000 L	0,20	0,20
Változó előállítási költség	\$/ML	195,62	198,30

A fenti táblázatba láthatóak a Kézdivásárhelyi ivóvízszolgáltató, az ApaCOV adatai, melyek segítségével elkészítettem a 2020-as és 2021-es évek vízmérlegeit. Az AWWA/IWA vízaudit szoftver használatához bizonyos mértékegységet át kell alakítani, mint olyan, a nyomást nem bárban használja a program, hanem méterben, vagyis 1 bar az megfelel 10,1974 m-nek, tehát 3 bar a szoftverbe bevezetve 30,6 m, 3,10 bar pedig 31,6 m lesz. Hasonlóképpen kell bánni a pénznemek átszámolásával, ugyanis a programba csak dollárnak megfelelő értékeket lehet megadni. A 2020-as évre, az eredeti teljes évi üzemi költség 1457163,84 RON volt, ezt úgy alakítottam át dollárba, hogy az adott év december havi átlag árfolyamát vettem alapul, tehát abban az évben a vízszolgáltatás egységára 3,91 RON volt, az átváltva 0,97 USD, így került a fenti táblázatba 364245,4 USD. A 2021-es évben pedig az üzemeltetési összköltség 1220017,92 RON volt, a víz szolgáltatás egységára 4,33 RON, amely megfelel 0,98 USD-nak, a 2021-es decemberi havi átlag szerint, így lett a végeredmény 278612,9 USD. A decemberi havi átlagokat a BNR oldaláról használtam fel. (forrás: <https://www.bnr.ro/StatisticsReportHTML.aspx?icid=801&table=682&column=24057,24066>)

3. Eredmények kiértékelése

A 3. Ábrán látható a vízaudit program alapján számolt vízmérleg, a 2.Táblázat adatai alapján, a 2020-as évre, a 2021-es év vízmérlegét a 4. Ábra tartalmazza. 2020-ban szinte 1862 megaliter mennyiségű víztermelés történt, 7554 főre, a cég üzemeltetési költsége több, mint 324000 \$ volt, nagyjából másfél millió lej. 2021-ben a víztermelés csökkent, 1405 megaliterre, ami 25% kitermelt vízcsökkenést jelent, ugyanakkor a fogyasztók száma növekedett 148 fővel, ami 2% növekedés, illetve az üzemeltetési költség esetén is jelentősen csökkent (23%-os), így az éves üzemeltetés 270000\$ (1,22 millió lej) volt.

Rendszerbe táplált víz mennyisége (System Input Volume) 1861,960 (100%)	Jogszerű vízfelhasználás (Authorized consumption) 862,406 (46,31%)	Számlázott, jogszerű fogyasztás (Billed Authorized Consumption)	Mért, számlázott (Billed Metered) 640,430 (34,38%)	Értéke-sített víz (Revenue Water) 645,051 (34,64%)
			Nem mért, számlázott (Billed Unmetered) 4,711 (0,25%)	
		Nem számlázott jogszerű fogyasztás (Unbilled Authorized Consumption)	Mért, nem számlázott (Unbilled Metered) 194,080 (10,42%)	
			Nem mért, nem számlázott (Unbilled Unmetered) 23,275 (1,25%)	
	Vízvesztés (Water Losses) 999,555 (53,68%)	Látszólagos veszteség (kereskedelmi) (Apparent Losses)	Illegális fogyasztás (Unauthorized) 4,655 (0,25%)	Kiszámlázatlan víz (Non Revenue Water) 1216,909 (65,35%)
			Mérési pontatlanság (Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors) 92,199 (4,95%)	
		Valós veszteség (szivárgás) (Real Losses) 902,701 (48,48%)	Szivárgás szállító- és elosztóvezetéken (Leakage in Transmission and Distribution Mains) Nincs adat	
			Tározó szivárgás és túlfolyás (Storage Leaks and Overflow from Water Storage Tanks) Nincs adat	
			Fogyasztó csatlakozói veszteség a vízáráig (Service Connections Leaks up to the Meter) Nincs adat	

6. Ábra: 2020-as évre elkészített vízmérleg, ahol a piros számok mutatják az elfogyott víz mennyiségét megaliterben (saját ábra).

Rendszerbe táplált víz mennyisége (System Input Volume) 1404,994 (100%)	Jogszerű vízfelhasználás (Authorized consumption) 645,487 (45,94%)	Számlázott, jogszerű fogyasztás (Billed Authorized Consumption) 609,482 (43,37%)	Mért, számlázott (Billed Metered) 604,800 (43,04%)	Értékesített víz (Revenue Water) 609,482 (43,37%)
			Nem mért, számlázott (Billed Unmetered) 4,682 (0,33%)	
		Nem számlázott jogszerű fogyasztás (Unbilled Authorized Consumption) 36,005 (2,56%)	Mért, nem számlázott (Unbilled Metered) 18,443 (1,31%)	Kiszámlázatlan víz (Non Revenue Water) 795,512 (56,62%)
			Nem mért, nem számlázott (Unbilled Unmetered) 17,562 (1,24%)	
	Vízvesztés (Water Losses) 759,507 (54,05%)	Látszólagos veszteség (kereskedelmi) (Apparent Losses) 16,232 (1,15%)	Illegális fogyasztás (Unauthorized) 3,512 (0,24%)	
			Mérési pontatlanság (Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors) 12,719 (0,90%)	
		Valós veszteség (szivárgás) (Real Losses) 743,275 (52,90%)	Szivárgás szállító- és elosztóvezetéken (Leakage in Transmission and Distribution Mains) Nincs adat	
			Tározó szivárgás és túlfolyás (Storage Leaks and Overflow from Water Storage Tanks) Nincs adat	
			Fogyasztó csatlakozói veszteség a vízóráig (Service Connections Leaks up to the Meter) Nincs adat	

7. Ábra: 2021-es évre elkészített vízmérleg, ahol a piros számok mutatják az elfogyott víz mennyiségét megaliterben (saját ábra).

A további kiértékeléséhez a 3. Ábrán és a 4. Ábrán feltüntetett százalékos adatokat használtam, ennek oka, hogy ha csak a rendszerbe táplált vízmennyiségekre reflektálva vizsgáltam az eredményeket mivel ez alapja minden teljesítménymutatónak. Elmondható, hogy viszonylag nagy mennyiség különbséget észleltem, több, mint 450 megalitert a két év között.

2021-ben a jogszerű vízfelhasználás növekedett, a vízvesztések pedig csökkentek, 2020-hoz képest viszont ez a negatív irányba történő változást pozitív irányú, javuló változás fogja követni, a vízmérleg további részein. Példának okáért a számlázott jogszerű fogyasztás értéke 8,73%-os növekedést, míg a nem számlázott jogszerű fogyasztás 9,11%-os csökkenést mutat, amely változásoknak határozottan pozitív következményei lehetnek, úgy társadalmi, mint vízgazdálkodási szempontból. A valós veszteségek 4,43%-kal megnövekedtek ugyan, azonban ez a növekedés betudható a 2021-es év első hónapjaiban történő munkálatok hatásainak is, melyek során komoly újítások történtek a vízelosztó hálózatban, ettől függetlenül a jövőben csökkenések várhatóak.

A mért, számlázott vízmennyiségek esetén szinte 10%-os növekedés figyelhető meg, mely összefüggésben állhat azzal a ténnyel, hogy a mérési pontatlanságokból származó vízmennyiség a 2020-as évhez képest, százalékban nézve, szinte teljesen eltűnt, drasztikusan lecsökkent. A mért, nem számlázott víz esetén szintén 10%-os változás figyelhető meg, csökkenő irányban. A nem mért, nem számlázott, és az illegális fogyasztások esetén nem figyelhető meg különösebb változás, viszont jövőbeni befektetésekkel és új innovációkkal ezek az értékek korrigálhatók.

Végeredményként elmondható, hogy az értékesített víz mennyisége 8,73%-kal növekedett, míg a kiszámlázatlan víz mennyiségek ugyanannyi értékben csökkent. Ezt az eltérő értékkel rendelkező betáplált vízmennyiségek miatt nehéz lenne megaliterben kifejezni, azonban elmondható, hogy 2020-ban 1861,960 megaliter (továbbiakban ML) ivóvízből 1216,909 ML (65,35%) kiszámlázatlan mennyiségű ivóvíz keletkezett, míg 2021-ben 1404,904 ML betáplált ivóvízből mindössze 795,512 ML (56,62%) kiszámlázatlan ivóvíz keletkezett.

A továbbiakban látható a két év teljesítménymutatók összehasonlító táblázata (3. Táblázat), melyekre azért van szükség, mert visszaadják a valós veszteségek számát és az infrastruktúra állapotát. Ezeket az információkat szükséges tudni annak érdekében, hogy további jövőbeni intézkedéseket lehessen hozni a hálózat javítása és veszteségek csökkentése érdekében.

3. Táblázat: teljesítménymutatók összehasonlítása

	2020	2021	Mértékegység
<i>Kiszámlázatlan víz a betáplált vízmennyiségből %-ban kifejezve</i>	65,4	56,6	%
<i>Kiszámlázatlan víz az évi üzemelési költségéből %-ban kifejezve</i>	86,2	61,2	%
<i>Látszólagos veszteségek évi költsége</i>	94916	15907	\$
<i>Valós veszteségek évi költsége</i>	17659	14739	\$
	5	1	
<i>Látszólagos veszteségek/fogyasztói csatlakozók/nap</i>	35,13	5,77	L/csatlakozás/nap
<i>Valós veszteségek/fogyasztói csatlakozók/nap</i>	327,4	264,39	L/csatlakozás/nap

Valós veszteségek/fogyasztói csatlakozók/nap/nyomás	10,91	8,36	L/csatlakozás/nap/ m
UARL	85,3	91,39	ML/év
CARL	902,7	743,27	ML/év
ILI	10,58	8,13	

A fenti táblázatban láthatók a 2020-as és 2021-es teljesítménymutatók összehasonlítása, melyeket az AWWA/IWA vízaudit szoftver számol ki, a bevezetett értékek alapján. A 2021-es év elején városi finanszírozásból 360000 RON értékben 1250 méter vezetékszaksasz csere történt, lecserélődött egy 60 méteres fővezeték szakasz, 130000 RON értékben, valamint további 97000 RON értékben, 300 méter hálózati szakasz vezetékcserére is sor került. Összesen 587000 RON értékű, ami a 2021 decemberi BNR átlag árfolyam alapján (4,33 RON/USD) 134324,94 \$ értékű beruházás történt.

A kiszámlázatlan vízmennyiségek a betáplált értékekhez képest jelentős csökkenést mutattak, százalékban kifejezve a javulás 8,8%, szám szerint pedig 421,4 millió liter víz megtakarítását jelenti. 2020-ban az ivóvízszolgáltató teljes évi üzemi költségének a 86,2%-a a kiszámlázatlan vízmennyiségre lett elkölve, a beruházás eredményeként pedig teljes 25% javulás figyelhető meg.

A beruházások eredményeként a cég 29204 \$-t spórolt egy év leforgása alatt az évi valós veszteségek költségén, valamint 79009 \$-t a látszólagos évi veszteségeken, mely a 2021-es évvégi valutát használva összesen 468562 RON, ami azt jelenti, hogy az első évben már a befektetett hálózati rehabilitációs program költségének jelentős része, megközelítőleg 80%-a visszatérült.

Az elkerülhetetlen évi valódi veszteségek (UARL) értéke ugyan megnövekedett, viszont valódi veszteségek éves térfogata (CARL) és az infrastruktúra szivárgás indexe (ILI) esetén jelentős mértékű csökkenés figyelhető meg. Az ILI értékétől függően le lehet vonni anyagi, működtetési és vízkészlet meghatározó következtetéseket. Amennyiben az értéke kisebb, mint nyolc, az azt mutatja, hogy a vízkészletek bőségesek, ugyanakkor a víz kitermelése/beszerzése drága, a költség pedig a fogyasztókat terheli, a vízellátási infrastruktúra kiváló megbízhatósággal, kapacitással és integritással rendelkezik, viszonylag immunis az ellátási hiányokra. 2020-ban az ILI értéke 10-es fölött volt, ami arra enged következtetni, hogy a szivárgás mértéke

megakadályozza a hatékony felhasználását a rendelkezésre álló vízkészleteknek. 2021-ben az infrastruktúra szivárgási indexe ugyan nagyobb volt, mint nyolc, viszont további befektetésekkel lehetőség nyílik ezen érték további csökkentésére, és ezzel a hálózat tovább fejlesztésére, mely ebben az esetben a vízveszteségek csökkentését jelenti.

Következtetésképpen elmondható, hogy a fentebb említett 134324,94\$ értékű beruházás eredményeként az ILI értéke esetén jelentős mértékű csökkenés figyelhető meg, a 10,58-as index lecsökkent 8,13-ra, mely érték még így is kívül esik a szakirodalomban felhasznált 8-as felső határértéken, viszont arra enged következtetni, hogy egy ugyanilyen értékű beruházással ez az érték elérheti az 5-8-as AWWA/IWA audit szoftverben használt intervallum alsó határát, mely nem csak költséghatékony lehet a cég számára, de a vizet, mint erőforrást is gazdaságosabban szolgáltathatja, kevesebb hálózati veszteséggel.

Hivatkozások

- AL-Washali, T., Sharma, S., & Kennedy, M. (2016). *Methods of Assessment of Water Losses in Water Supply*.
- Boyd, D. (2021). Global water crisis and human rights. *Gouvernement Principer*.
- Coplenad, C., & Carter, N. T. (2017). Energy-Water Nexus: The Water Sector's Energy Use.
- Ganorkar, R., Rode, P., Deshmukh, S., & Dhoble, D. (2013). Water Audit- A Tool for Assessment Of Water Losses. *International Journal Of Computational Engineering Research*. India.
- Kovács, Z., & Kárpáti, Á. (2013). *Ivóvíztisztítás és víztisztaságvédelem*. Veszprém: Pannon Egyetem.
- Lambert, A., & McKenzie, D. R. (2002). Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index. *Water Board of Lemesos*. Cyprus.
- Solti, D. (2010). *Rekonstrukciós tapasztalatok, veszteségmeghatározás*. Eötvös József Főiskola.
- Szilveszter, S. (2013). *Water balance and performance indicator analysis of EMAPA-I*.
- (2019). *Vízveszteség - Vízhatékonyság*. Esővízgazdálkodási Egyesület.
- Gazdasági Versenyhivatal (GVH), *A hazai víz- és csatornamű üzemeltetési piac feltárása, a víz- és csatornaközművek árázása, árszabályozási gyakorlatsának vizsgálata*, elérhető: https://www.gvh.hu/data/cms1000582/12_Expert_viz_Tanulmany.pdf

Köszönetnyilvánítás

Hála és köszönet a kitartó munkáért dr. Szilveszter Szabolcs, egyetemi adjunktusnak, akinek segítségével elkészítettem dolgozatomat, valamint a biomérnöki tanszék segítségéért. Köszönet a Közüzemek Rt., és az ApaCOV segítségéért, és az adatok szolgáltatásáért.