

OTDK - DOLGOZAT

Vízkor vizsgálatok a Baja térségi vízminőségjavító programhoz

Készítette:

JÁSZAI SZANDRA
építőmérnöki szak, IV. évfolyam

Küldő intézmény:

Eötvös József Főiskola

Témavezető:

Török László
főiskolai docens

Lezárás dátuma: 2014.04.16.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	2
2. A hálózati vízminőség változás főbb jellemzői.....	2
2.1. Biológiai változások a hálózaton.....	5
2.2. Klórkoncentráció a vízelosztó rendszeren.....	7
2.3. Szuszpendált anyagok a hálózatban	9
2.4. Kicsapódás a rendszerben.....	10
3. A vízkor jelentősége.....	10
4. A vízkor számítógépes modellezésének elméleti alapjai	11
4.1. Hálózati vízminőség változások modellezése	12
5. A vízkor és más jellemzők feltárása a Baja Környéki Kistérségi vízellátó rendszer példáján...	13
5.1. A rendszer ismertetése.....	13
5.1.1. A rendszer kialakulásának története	14
5.1.2. A vízbázis bemutatása	15
5.1.3. A hálózat ismertetése	18
6. Javaslatok a Kistérségi ivóvízellátó hálózaton kialakult vízkorok csökkentésére	29
7. Összefoglalás.....	32
8. Irodalomjegyzék.....	34
9. Ábrajegyzék	35
10. Táblázatjegyzék.....	35
11. Mellékletek.....	36

1. Bevezetés

Az Európai Közösség az 1998-ban megjelent 98/83/EK irányelvben előírja tagállamai számára az elfogadott ivóvízminőségi paramétereket. Az ebben foglaltak jellemzően szigorúbb határértékeket engedélyeztek az akkor hatályos magyar szabványokhoz képest, ezért már a Közösséghez való csatlakozási tárgyalások idején is felmerült, hogy Magyarországnak alkalmazkodnia kell az előírásokhoz. Szükségszerűvé vált egy új jogszabály megalkotása. A 201/2001. (X.25) Kormányrendelet tartalmazza a szükséges intézkedéseket és az új határértékeket. Mivel a rendelet kiadása idején a magyar lakosság alig több mint fele élt csak olyan településen, ahol az ivóvíz minősége megfelelt az új szabályozásnak, ezért szükségessé vált egy egész országra kiterjedő ivóvízminőség-javító program kidolgozása.

A rendelet egyértelműen kimondja, hogy az ivóvíznek mely pontokon kell teljesítenie az előírt követelményeket. Ez alapján az elosztó hálózathoz származó víz esetében azon a vízkivételi ponton kell megfelelnie az ivóvíz minőségének, ahol emberi fogyasztás céljára rendeltetésszerűen vételezik a vizet.

Napjainkban egyre fontosabb probléma, hogy ugyan a tisztítási technológia után közvetlenül még megfelel az előírásoknak a rendszerbe táplált víz minősége, mire a fogyasztókhoz kerül különböző minőségbeli változásokon mehet át. A vízelosztó hálózatot ezért egy kémiai-biológiai reaktornak tekinthetjük.

Jelen dolgozat célja a Baja Környéki Kistérségi ivóvízellátó rendszer vízkor vizsgálatának elvégzése és a hálózat hidraulikai jellemzőinek vizsgálata, ugyanis a rendszeren az ivóvízminőség javító program kapcsán jórészt csak a tisztítási technológiával foglalkoznak, az ivóvízhálózat problémáival nem. Dolgozatomban javaslatot adok a térségi vízellátó rendszeren a víz tartózkodási idejének csökkentésére is.

2. A hálózati vízminőség változás főbb jellemzői

Az ivóvízminőség, mint fogalom a víz kémiai, fizikai és biológiai jellemzőit foglalja magában. Az ivóvíz fogalmát a 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet határozza meg. Eszerint az ivóvíz olyan, a rendeletben meghatározott minőségű víz, amely alkalmas ivásra, főzésre, ételkészítésre, vagy egyéb háztartási célra, tekintet nélkül az eredetére, illetve arra, hogy vízvezetékbeli, vagy tartályból származik. Továbbá ivóvíz az, amelyet ételkészítés

előállításához használnak fel, beleértve minden olyan anyag és termék gyártását, feldolgozását, konzerválását és forgalmazását, amelyek emberi fogyasztásra szolgálnak. Ez alól kivétel, ha az ÁNTSZ megyei intézete azt állapítja meg, hogy a víz minősége nem befolyásolja a kész termék minőségét.

A vizet akkor nevezhetjük ivóvíznek, ha megfelel az alábbi követelményeknek:

- nem tartalmaz patogén szervezeteket
- nem tartalmaz toxikus anyagokat
- a mikroorganizmusok szaporodását segítő tápanyagokat csak megengedett határértékig tartalmaz
- biológiailag stabil
- kémiai összetétele alapján a vízelosztó rendszerben kárt nem okoz (pl.: korrózió, üledékképződés)
- kielégíti az ivóvízminőségi követelményeket hőmérséklet, íz, szag, szín és zavarosság tekintetében is

A tisztított víz minősége a vízelosztó rendszerben megváltozik a transzportálódás közben, amely a vízminőségre negatív hatást gyakorol kisebb vagy nagyobb mértékben, vagyis a víz minősége romlik. (Öllös, 2008):

Az ivóvízminőségi előírások folyamatos változást mutatnak, ugyanis ahogy a vízellátásban használatos anyagokat, vegyületeket és azok közegészségügyi hatásait egyre szélesebb körben kezdjük megismerni, úgy felül kell vizsgálni a már meglévő szabványokat és folyamatosan frissíteni szükséges azokat. Ezek minden létező kémiai vegyületet nem foglalhatnak magunkban, ezért csak azokat tartalmazzák, amelyek a lehető legnagyobb valószínűséggel fordulnak elő, illetve a vízellátásban jelentős problémát okozhatnak. A jelenlegi szabványok feladata többnyire az ivóvíz közegészségügyi és esztétikai minősítése, ezért a rendszeren jelentkező vízminőségi problémák kezelését, vagy mérséklését biztosító előírásokat is tartalmazza.

Sok esetben előfordul, hogy a víztisztítás során a szabvány által előírt vízminőségi követelményeket teljesíteni tudjuk, a vízelosztó hálózaton vett mintákban azonban mégis fizikai, kémiai, biológiai természetű szennyezőanyagok mutathatók ki.

Fizikai minőség: hőmérséklet, íz, szín, szag, zavarosság, levegősség, szabad szemmel látható szervezetek jelenléte. Ezen tulajdonságokat a fogyasztó felismeri és eszerint ítéli meg az ivóvíz minőségét.

Kémiai szennyezők: Szerves, vagy szervetlen anyagok, amelyek oldott gázként, vagy szilárdfázisként vannak jelen. A szerves anyagok állati, vagy növényi eredetűek lehetnek. Pl.: a növényi és állati anyagok lebontásakor keletkező huminanyagok, vagy az ember által létrehozott mesterséges vegyületek (pl. peszticidek, trihalometánok).

Biológiai szennyezők: Patogén, vagy nem patogén szervezetek.

Az ivóvíz minősége a vízellátó hálózaton kevésbé változna, hogyha az elosztórendszeren előforduló anyagok a vízzel szemben inerte lennének, ha a víztől teljesen el lennének szigetelve, vagy ha a víz minden szempontból stabil lenne. Figyelembe kell venni az üzemeltetés során, hogy a rendszer nem csak csövekből, tározókból és szerelvényekből áll. A rendszer élő szervhez hasonlít, ezért különös körültekintéssel kell azt kezelni.

„A vízelosztó rendszerbeli vízminőség változás fő okai (Öllös, 1997):

- a nyersvíz kémiai és biológiai minősége,
- a víztisztítási folyamatok hatékonysága,
- a tisztított víz minősége,
- a tápanyagok jelenléte a vízelosztó rendszerbe vezetett vízben,
- a tisztítótelep, a tározóteljesítmények és a vízelosztó hálózat integrált rendszere,
- a különböző eredetű vizek keveredése a vízelosztó rendszerben, amely elsősorban a rendszer hidraulikai függvénye (Clark et al., 1985, 1986; Males et al., 1985),
- a nagy belső csőfelület,
- víz hőmérséklet,
- áramlás,
- holtterek,
- a víz „kora” (tartózkodási idő) a vízelosztó rendszerben,
- a csőanyag,
- korrózió,
- meg nem engedett csatlakozás a vízelosztó rendszerhez,
- a vízelosztó rendszer kora,
- üzemeltetés.”

A vízelosztó rendszerek nem folyamatosan táplált komplex biológiai reaktornak tekinthetők, mert a rendszerbe táplált víz biotróp, vagyis az élő szervek számára a környezeti feltételek adottak, illetve a rendszer nem inert, például a cső felületén megtapadó biofilm miatt. A megfelelő működtetés tehát elengedhetetlen, azonban összetett és bonyolult feladat.

2.1. Biológiai változások a hálózaton

Ha a vízelosztó rendszeren a víz baktérium száma nő, az egészségügyileg elfogadhatatlan vízminőséget jelent. Bizonyos baktériumok a csőfelületek károsodását, okozzák, ami által nőhetnek a sűrűlátsási veszteségek és a szivattyúzási költségek. Sokszor lehet bakteriális aktivitással magyarázni a víz íz- és szagproblémáit, illetve zavarosságát is.

Az ivóvízben található baktériumok számának határértékét a 201/2001. (X.25.) Korm.rendelet határozza meg. Ez például az *Escherichia coli* (E.coli), *Enterococcus*ok, Coliform baktérium, illetve *Pseudomonas aeruginosa* esetében 0/100 ml. A telepszámra 22 °C és 37 °C-on az ÁNTSZ megyei intézete vízműre, illetve mintavételi pontra határértékeket szabhat meg, amelyet 90 %-os gyakorisággal be kell tartani.

Az élő szervezetek elszaporodásának okai (Öllös, 1975):

- A baktérium átjutása a víztisztító rendszerből az elosztó rendszerre, vagy a tisztítórendszer megkerülése. Az átjutást okozhatja a nem megfelelő mértékű fertőtlenítőszer adagolás. Az átjutó szervek egy része a tisztító telepen szaporodik el (pl. aktívszén szűrőn). A fertőtlenítés sem sterilizálás, ezért a baktériumsejtek transzportja bizonyos mértékben ezután is kimutatható. A megsérült baktériumokat ugyan a hálózaton a vízből kimutatni nem lehet, de azok képesek a csővezeték belső falán képződő biofilmben a sejtjeiket megújítani. A paraziták, baktériumok és vírusok egy része úgy is képes lehet túlélni a fertőtlenítést, hogy a vízben lévő szilárd lebegőanyagok (gombák, algák, aktívszén szemcse-töredék, stb.) felületére kapaszkodnak.
- A baktérium szaporodása a vízelosztó rendszeren létrejöhet sejtreprodukció révén is. Ez a jelenség csak akkor figyelhető meg, ha az átjutás során az elosztórendszer beoltódik. A szaporodás általában a csőfalán megtapadt biológián megy végbe.

A biofilm a csővezetékben képződő üledéken, a csővezeték felületén, lebegőanyag részecskéken, vagy a vízi környezetben lévő anyagokon képződő vékony biológiai hártya. Szerves és szervetlen anyagokból áll, ami elsősorban mikroorganizmusokat és mikrobiológiai termékeket foglal magában. Eloszlása lehet egyenletes, vagy foltosított.

A hártya mikrobiológiai szaporodás révén jön létre. A benne élő baktériumok közül néhány (pl. ammónia és metán tápanyag hasznosítók) íz- és szagrontó vegyületeket produkál.

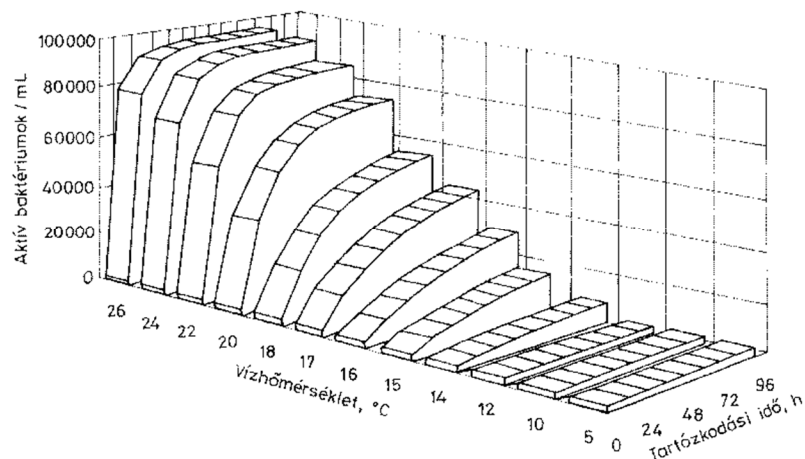
A biofilm rögzülését befolyásoló tényezők (Öllös, 2008):

- A baktériumok a szilárdanyag-folyadék határfelületén akkumulálódni tudnak, ezáltal a tápanyaghiányos környezet is kedvező feltételeket biztosít nekik.
- A víz alapvetően kis tápanyag koncentrációjú, de a víz nagy sebességgel áramlik, így nagymennyiségű tápanyagot is transzportál.
- Néhány baktérium sejten kívüli polimer anyagokat választ ki, ezzel a pelyhek és tápanyagok rögzülését segítik elő a hártya felületén.
- A polimer anyagok a beljük ágyazódott baktériumok számára védelmet nyújthatnak a fertőtlenítőszerrel szembe, így a klórkoncentráció növelése sok esetben nem vezet eredményre, ha azzal a mikroorganizmusok szaporodását szeretnénk megszüntetni. A vizet szükséges még a tisztítótelepen stabilizálni, ezáltal csökkenthető a bonyolult geometriájú mikrodomborzatok kialakulása, ami a mikroorganizmusok szaporodását segíti.

A mikrobiológiai szaporodást befolyásoló tényezők:

- környezeti tényezők
- rendelkezésre álló tápanyag felhasználhatósága
- maradék fertőtlenítőszer
- a fertőtlenítés módja
- hidraulikai hatások
- korrózió és üledékfelhalmozódás

A baktériumok szaporodása általában akkor áll fenn, ha a hőmérséklet nő, a klórmareadék elfogy a rendszerből, a szerves anyagok, illetve az üledék pedig akkumulálódik a vezetékben.



1. Ábra: A baktériumszaporodás, a hőmérséklet és a tartózkodási idő kapcsolata (Öllös, 2008)

Ha a hálózati vízminőséget vizsgáljuk, először a víztisztító telepet elhagyó víz átlagos minőségi paramétereit kell megismernünk (pl.: víz hőmérséklet, összes klór, szabad aktív klór, pH, vezetőképesség, UV-elnyelőképesség, oldott szerves szén, stb.). Figyelembe kell venni, hogy a paraméterek értékei nyáron és télen eltérőek lehetnek.

	Nyár	Tél
Víz hőmérséklet	↑+	↑+++*
Összes klór	↓++++	↓++++
pH	↓-	↓-
Vezetőképesség	↑+	↑+
Fluoreszcencia	↑+	↑
UV- elnyelőképesség	↓+	↓+
Oldott szerves szén, DOC	↓++	↓+
Oldott szerves szén lebontható frakciója, BDOC	↓++	↑+
Csirképes tenyészthető baktérium, CFU-72h	↑++++	↑++++
Összes sejtsűrűség, AODC	↑++++	↑++++

Jelmagyarázat: - = változás <5%; + = változás 5-10%; ++ = változás 10-50%; +++ = változás 50-80%; ++++ változás >80%. * felszíni víz felhasználása esetében

1. táblázat: A víztisztító telepet elhagyó víz és a vízelosztó rendszer vízminőségének változási irányai és a változás mértéke (nyáron és télen), (Öllös, 1997)

2.2. Klórkoncentráció a vízelosztó rendszeren

A tisztított vízbe fertőtlenítés céljából rendszerint klórt, vagy klórdioxidot adagolnak. A megfelelő elkeveredés biztosítása érdekében az ivóvíz általában tisztavíz medencébe kerül,

ahol eltölt nagyjából 20-30 percet, majd ezután kerül csak az elosztó rendszerbe. A rendszerben olyan mennyiségű maradék, általában szabad vagy kötött klórnak kell lennie, ami segít fenntartani a szabványban előírt biológiai stabilitást. A klór koncentrációja a rendszeren csökken. Ez annak köszönhető, hogy a klór fertőtlenítő-oxidáló hatása az elosztórendszerben is folytatódik, aminek eredményeként a klórkoncentráció a rendszer egyes pontjain egyre kisebb mennyiségű. A szállított víz minősége így mikrobiológiai és kémiai szempontból változik, kedvezőtlenebbé válik. A jelenség megakadályozására négy mód lehet:

1. A fertőtlenítőszer adagot növelni kell a tisztító telepen. Ez általában klóros ízt eredményez a hálózaton.
2. A vízelosztó rendszer bizonyos pontjain plusz fertőtlenítőszer hozzáadása történik.
3. Az első két lehetőség kombinációja.
4. Arra kell törekedni, hogy úgy tisztítsuk meg a vizet, hogy az a víz biológiai stabilitását folyamatosan biztosítsa.

Olyan fertőtlenítőszert szükséges használni, amely a biofilmbe behatol és az ott megtelepedett mikroorganizmusokat inaktíválja. Követelmény, hogy a fertőtlenítőszer legyen stabil, legyen iható és reakció során ne keletkezhessen veszélyes termék. A tapasztalatok szerint a maradék klór szint nem képes biztosítani az összes mikroorganizmus eltávolítását az ellátórendszeren. A rendszer öblítése is csak ideiglenes megoldást hoz, hiszen amint az öblítés folyamata befejeződik, szinte azonnal elkezdődik ismét a vízminőség romlása.

A szabad klórnak nagy a reakció sebessége, ezért általában még mielőtt a biofilmbe hatolna, elfogy. A monoklóramin ellenben jóval kevesebb vegyülettel lép reakcióba, így könnyebben jut be a biofilmrétegbe, ahol képes az ott rögzült organizmusokat inaktíválni. A rendszerben tehát üzemeltetési szempontból az a kedvezőbb, ha maradék klóramin van jelen, nem szabad aktív klór. Ha a monoklóramin a jellemző, akkor a hálózaton valószínű nem tapasztalnak a fogyasztók íz és szagproblémákat, azonban ha a vízben jól kimutatható szennyezőanyagok vannak (pl. szerves anyag), akkor a szabad aktív klór alkalmazása előnyösebb, mert így a víz tisztábbá válik. Utóbbi esetben viszont a hálózaton diklóramin és triklóramin képződhet olyan mennyiségben, ami már íz- és szagpanaszokat okozhat. Kedvező állapot csak folyamatos öblítéssel és szabad aktív maradék klór koncentráció magas tartásával érhető el. (Öllös, 1997)

2.3. Szuszpendált anyagok a hálózatban

A víztisztító rendszert elhagyó víz az aktuális jogszabályoknak megfelelő tisztaságú, ennek ellenére a rendszerben még is fellelhetők szilárdanyag források.

- A víz kisebb-nagyobb mértékben korrozív lehet, ami oxidálja a csővezeték fémkomponenseit.
- A vízben lehetnek olyan anyagok, amelyek a hálózaton csapadékká alakulnak.

Általános vélemény, hogy első sorban a fémek és az oldott szerves anyagok okozzák a legnagyobb egészségügyi kockázatot. Az üzemeltetőknek még is a szuszpendált anyagok jelentik a rendszerben a komolyabb problémákat, hiszen a fogyasztók az illékony szervesanyagokat, illetve az íz- és szagrontókat nem látják a csapvízben, míg az időszakosan megjelenő szilárd anyagokat igen.

Az oldott szennyezőanyagok már a tisztított vízben is jelen vannak, közvetlenül a víztisztító telep után, koncentrációjuk pedig nagyjából állandó a rendszerben. Ezzel szemben a szuszpendált anyagok elsősorban a vízelosztó rendszerben keletkeznek, az ott fellépő reakciókból és a biofilm eróziójából, illetve leválásából. Ezek az anyagok a csővezeték fenekére leülepedhetnek, akkumulálódhatnak egészen addig, amíg valamilyen okból kifolyólag újra szuszpendált állapotba nem kerülnek és megjelennek a fogyasztónál. Ilyen ok lehet az áramlási sebesség megnövekedése a hálózaton például egy tűzeset, csőtörés, vagy hálózat mosatás miatt.

Az üledék nem csak esztétikai probléma, hiszen mikroorganizmusok is megtelepedhetnek benne, de toxikus anyagokat is képes adszorbeálni, ezért a vízelosztó hálózatot rendszeresen tisztítani, öblíteni kell.

Az öblítést célszerű pontosan megtervezni, hiszen egyáltalán nem biztos, hogy egy öblítő csap nyitása elegendő öblítési sebességet eredményez. Sebességnövelés céljából nyithatunk egyszerre több hidránt, vagy tűzoltó tartálykocsit tölthetünk fel megfelelő intenzitással, így létrejön az öblítés. Hatékonyabb üledékeltávolítási mód lehet még a habszivacsos, vagy a levegős tisztítás, ami azonban csak az érintett vezetékre terjed ki, a környezőkre nem. Ezek képesek eltávolítani az üledéket és a biofilmet is egyszerre, így a cső sűrűsége csökken, a vezetékek hidraulikai kapacitása pedig nagyobb lesz. (Öllös, 2008)

2.4. Kicsapódás a rendszerben

A kicsapódás a vízkezelés során egy szándékos művelet, azonban a hálózatban történő kicsapódás nem szándékos jelenség. A víztisztító telepről az elosztórendszerbe lépő víz kémiai vegyületei reakcióba lépnek az új környezet vegyületeivel, ezáltal egyes vegyületek kicsapódhatnak a víztisztítást követően, a vízellátó rendszerben is. (Öllös, 1997)

Erre két gyakran előforduló példa:

Vascsapadék: A korrózió kioldja a vasat az áramló vízbe. Ez a víz oldott oxigén tartalmával érintkezve oldhatatlan ferrihidroxid- vagy ferrioxid-csapadékká alakul, ami aztán szuszpendált formában transzportálódhat a vízben nagy érdességet és hidraulikai kapacitás csökkenést eredményezve. A fogyasztók „vörös vízként” emlegetik.

Mangáncsapadék: A folyamat a vas kicsapódásához hasonlít. Mangáncsapadék általában felszínalatti vizek felhasználásakor jelentkezik a vízelosztó rendszeren. A víz mangán tartalma a levegő oxigénje, vagy klórozás hatására csapadékká oxidálódik.

A vas és a mangán kis mennyiségben létfontosságú elemek. A vízben előforduló vas és mangán ionok elsősorban ízrontó hatásúak, azonban a mangán nagyobb koncentrációban idegkárosító hatású lehet.

3. A vízkor jelentősége

A tartózkodási idő a vízminőség problémák egyik legfontosabb tényezője. Az elosztó hálózat egy reaktornak tekinthető, amelyben fizikai, kémiai és biológiai folyamatok játszódnak le. Ezek a folyamatok egymásra is hatással vannak, ezért a víz korának előrehaladtával valószínűbb a minőségbeli átalakulás is.

Az elosztó hálózatban több fontos minőségváltozási folyamat is végbemehet. Romolhatnak az ivóvíz organoleptikus paraméterei, romolhat a bakteriális minőség, csökkenhet a maradék klór koncentrációja, hálózati nitrifikáció következhet be, korrózió léphet fel, üledék, vagy bevonat képződhet, illetve THM vegyületek keletkezhetnek. (Dombay, 2007)

A rendszerben a tartózkodási idő minimalizálása tehát fontos. A vízkorra nincs kritikus érték egyértelműen meghatározva, de a tapasztalatok szerint 72 óra elteltével indulhatnak meg

negatív folyamatok a rendszeren. A 24 órát meghaladó értékek esetén érdemes megfontolni az utólagos fertőtlenítés lehetőségét.

4. A vízkor számítógépes modellezésének elméleti alapjai

A vízellátó rendszerek számítógépes modellezése, illetve a modell használata tervezésben, üzemeltetésben és rekonstrukcióban több évtizedes múltra tekint vissza külföldön és hazánkban egyaránt. Az első modellező programok az 1960-as években készültek el, amelyeket vízellátó hálózatok tervezéséhez és már meglévő rendszerek ellenőrzéséhez használtak fel. Az idő előrehaladtával a szoftverek is folyamatosan fejlődtek, így ma már rendkívül korszerű hálózat számítási eszközök állnak a szakemberek rendelkezésére.

A nyomás alatti vízellátó hálózatok vizsgálatai az áramlás jellege szerint permanens és nem-permanens áramlásokat feltételező modellekre oszthatók.

A mérnöki gyakorlatban a tapasztalatok szerint üzemzavar mentes körülmények mellett a vízelosztó hálózatok modellezése esetén kielégítő pontosságot nyújt, ha az áramlásokat állandósultnak feltételezzük. A hidraulikai modellező programok fejlesztői általában mindkét áramlási formára kínálnak szoftvert, de a mai mérnöki gyakorlatban a permanens áramlási viszonyok feltételezésén alapuló programok terjedtek el.

Minden vízellátó hálózat rendelkezik jellemzőnek tekinthető üzemállapotokkal, amelyek a hálózat hidraulikai vizsgálata során céljukat tekintve két csoportba sorolhatók. Beszélhetünk méretezési üzemállapotokról, amelyek a rendszert problémamentes, zavartalan üzem esetén jellemzik, ez alkalmas a gerinc és az elosztóvezetékek szükséges szállítókapacitásának meghatározására, illetve beszélhetünk ellenőrzési üzemállapotokról, amelyek valamilyen zavaró hatás (pl. csőtörés, vagy tűzoltás) fellépésének következményeit vizsgálja a rendszeren.

Az üzemállapot vizsgálatok célja annak felderítése, hogy a hálózat bizonyos szélsőséges események bekövetkezése esetén hogyan viselkedik.

A kritikus hálózati viszonyok meghatározása rendszerfüggő, de általánosságban véve szükséges a legnagyobb és a legkisebb fogyasztású időszakok vizsgálata, a tározók töltődésének, ürülésének vizsgálata, a betáplálás kiesésének vizsgálata, illetve egy esetleges vezeték meghibásodás, csőtörés esetének elemzése.

Jól beállított üzemállapotok esetén pontos képet kaphatunk a tárolók vízforgalmáról, a hálózat vezetékeinek vízszállításáról, sebességről és nyomásvesztéséről, illetve arról, hogy a hálózat csomópontjain milyen nyomásviszonyok alakulnak ki.

A mai hálózat számító programok segítségével már nem csak a teljes üzemből kiragadott pillanatfelvételek állnak rendelkezésünkre. A korszerű szoftverek lehetővé teszik, hogy a teljes üzemi folyamatot áttekinthessük, így például megnézhesük a kvázi-stacioner szimuláció egyik legfontosabb alapelemét, ami a tározók vízszintjének változása az idő függvényében.

A „kvázi-stacioner” szimuláció fogalma: „A kvázi-stacioner szimuláció nem más, mint a valóságban lejátszódó – valójában nem-permanens – folyamat stacioner állapotok sorozatával végzett közelítése. Feltételezi, hogy az egyes stacioner üzemállapotok között eltelő időben (dt-lépésköz), a vizsgált rendszer állapotváltozásának sebessége elhanyagolható mértékű.” (BME, 2009)

A kvázi stacioner szimulációt ma már hagyományosnak tekinthető módon használják tervezési és üzemellenőrzési célokra is.

Egy nagyobb, összetettebb és bonyolultabb település, vagy regionális vízmű tervezése során nem elhanyagolható az üzemeltethetőség vizsgálat. Ezzel igazolható, hogy a rendszer szélsőséges terhelések mellett is üzemeltethető a megfelelő szabályozások mellett. Másik fontos alkalmazás az üzemirányításon belül a konkrét irányítási technikák tervezése és ellenőrzése.

A gyakorlatban legelterjedtebb modellező programok a WaterCad, a PICCOLO, az EPANET és a HCWP.

4.1. Hálózati vízminőség változások modellezése

A vízellátó hálózatok az életben egyfajta reaktorként is működnek, ahol különböző fizikai, kémiai és biológiai folyamatok játszódnak le. Ezen folyamatok a rendszerben tartózkodó víz minőségét jelentősen befolyásolják. A mai modellező programok segítségével csak elkülöníthető részfolyamatok és bizonyos paraméterek vizsgálatára van lehetőség, a komplex, teljes folyamatokat nem tudjuk velük vizsgálni.

A mai gyakorlatban elterjedt szoftverekben a hidraulikai modell felállítása után lehet a vízminőség egyes paramétereinek változásaival foglalkozni. Két paraméter vizsgálatára készültek szoftverek: a tartózkodási időre (vízkorra) és a klórkoncentrációra.

A tervezési gyakorlatban inkább a tartózkodási idő tekinthető jelentősnek, mivel a vízkor számítása nem igényel kalibrációs méréseket. A szakirodalom ezt a paramétert néhány előnytelen vízminőség változási folyamat esetében indikátor paraméternek tekinti. Ezek a következők (Dombay, 2007):

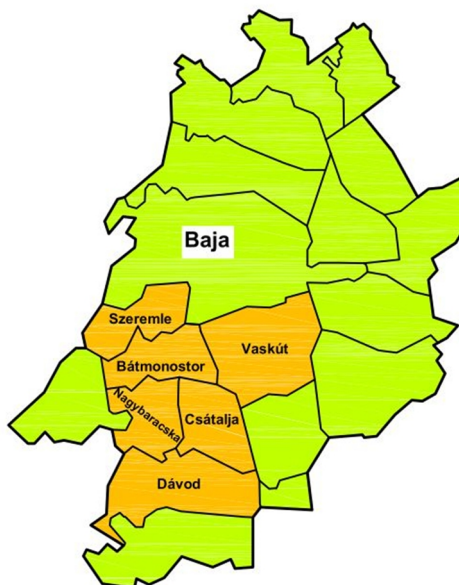
- íz- és szagproblémák
- klórfogyás
- maradék fertőtlenítőszer jelenlétében a víztest baktérium száma.

Tervezés során különösen regionális, vagy térségi rendszereknél célszerű vízkorra ellenőrizni.

5. A vízkor és más jellemzők feltárása a Baja Környéki Kistérségi vízellátó rendszer példáján

5.1. A rendszer ismertetése

A Baja Környéki Kistérségi vízellátó rendszer Magyarországon, a Dél-alföldi régió belül, Bács-Kiskun megyében, Bajától délre helyezkedik el és csaknem az országhatárig húzódik. Az utolsó, még Magyarországon található határ menti település Hercegszántó, amely már nem képezi a kistérségi rendszer részét. A rendszert a köznyelvben dávodi kistérségi vízellátó rendszerként is nevezik.



2. ábra: A Baja Környéki Kistérségi hálózat elhelyezkedése a bajai kistérségen belül

A terület viszonylag sík. A magassági viszonyok nagyjából 84 mB.f. és 106 mB.f. között változnak. Ezen belül Vaskút község található a legmagasabban, ahol a terepszint jellemzően 97 mB.f és 106 mB.f között változik, míg a többi település ennél valamivel mélyebben fekszik.

Az általam vizsgált rendszer hat település vízellátását hivatott biztosítani: Dávod, Csátalja, Nagybaracska, Bátmonostor, Szeremle és Vaskút.

5.1.1. A rendszer kialakulásának története

Az 1970-es évek végén fogalmazódott meg az igény, hogy Bátmonostor, Szeremle és Nagybaracska vízellátásának megoldása időszerű lenne. Ekkor Dávod és Csátalja már önálló vízművel rendelkező községek voltak. 1978-ban a három új és a két már meglévő hálózatot egy kistérségi rendszerben egyesítették.

Két évvel később a rendszer bővítésre került, ugyanis a közeli Vaskút település meglévő vízbázisa már nem volt alkalmas további fejlesztésekre, új vízmű felépítése vízkezelési technológiával pedig gazdaságtalan megoldásnak tűnt. Viszonylag kis beruházási költségekkel távvezetékét építettek Bátmonostor és Vaskút közé, így a kistérségről megfelelő mennyiségű és minőségű vízzel tudták kielégíteni a lakosság igényeit.

A rendszer kialakításánál figyelembe vették és felhasználták a három már meglévő glóbuszt Dávodon, Csátalján és Vaskúton, amelyek egyenként 100 m³-esek, illetve Bátmonostor határában egy víztároló központ került kialakításra. A tároló központ egy 200 m³-es víztornyot és egy 1000 m³-es térszíni tároló medencét foglal magába. Utóbbiban három darab búvárszivattyú került elhelyezésre. A központ magas tárolója hivatott a rendszer nyomásstabilizálását biztosítani.

A már meglévő tornyok túlfolyásának megakadályozását elektromos tolózárak beépítésével oldották meg, a tornyok és az elzáró szerkezetek között vezérlő kábelt helyeztek el. Üzemszerű működés esetén, ha a vízszint az adott víztornyban eléri a megadott minimális értéket, akkor az automata tolózár kinyit, ha a torony a megadott szintig feltölt, akkor a tolózár lezár.

A vízbázis kútszivattyúit a nagy- és átlagfogyasztási időszakokban a bátmonostori térszíni medence szintjei vezérlik, míg kisfogyasztási időszakban a víz tartózkodási idejének csökkentése érdekében a bátmonostori glóbusz kapcsolja azokat. Ilyenkor a térszíni medence a rendszerből kizárásra kerül.

A bátmonostori tárolóközpont medencéjében található szivattyúkat a bátmonostori és a vaskúti glóbuszok szintjei vezérlik automatikusan.

A Bátmonostor – Vaskút távvezeték szakaszon elhelyezésre került egy visszacsapó szelep, amely a víz áramlását csak Vaskút irányába teszi lehetővé.

A hálózaton minden település önálló nyomás- és vízmérővel rendelkezik, illetve tekintettel a hosszú távvezetésekre, illetve a veszteség és egyéb károk csökkentésére, a vezeték megfelelő helyein nyomásérzékelők kerültek elhelyezésre.

5.1.2. A vízbázis bemutatása

A vízbázis Dávod és Csátalja között helyezkedik el. A kistérségi ivóvíz hálózat ellátására eredetileg három kút terveztek, majd amikor Vaskút is csatlakozott a rendszerhez indokoltá vált egy újabb kút kialakítása is.

A vízbázison létesített kutak az alábbi adatok szerint kerültek kiképzésre:

II/1. számú kút

A kút 1972-ben készült normálcsövezéssel.

Talpmélyésge: 51 m

Nyugalmi vízszintje: - 6,50 m

Üzemi vízszintje: - 8,60 m

Üzemi vízhozama 550 l/p

II/2. számú kút

A kút 1978-ban készült nagyátmérőjű csövezéssel, egyrétegű kavicsolással.

Talpmélyésge: 50 m

Nyugalmi vízszintje: - 6,60 m

Üzemi vízszintje: - 11,0 m

Üzemi vízhozama 2400 l/p

II/3. számú kút

A kút 1979-ben készült nagyátmérőjű csövezéssel, egyrétegű kavicsolással.

Talpmélyésge: 52 m

Nyugalmi vízszintje: - 9,80 m

Üzemi vízszintje: - 13,0 m

Üzemi vízhozama 2400 l/p

II/4. számú kút

A kút 1981-ben készült nagyatmérőlű csővezéssel, egyrétegű kavicsolással.

Talpmélysége: 48 m

Nyugalmi vízszintje: - 6,00 m

Üzemi vízszintje: - 9,0 m

Üzemi vízhozama 2400 l/p

Napjainkban a II/1. sz. kutat alacsony hozama miatt már nem üzemeltetik. A II/4. sz. kútban kettő darab, egy kisebb, illetve egy nagyobb hozamú búvárszivattyú található, amelyek együttes működtetése nem lehetséges. Ebből következik, hogy jelenleg a vízbázison maximálisan három kút üzemeltethető együttesen.

Általánosan megfogalmazható, hogy a térség mai vízigényei mellett egy, de maximum két kút egyidejű termelése elégséges.

A három kút vízminősége nagyjából megegyezik. Néhány fontosabb paraméter és a hozzájuk tartozó nyersvízben mért értékek:

- ammónium:	1,00 – 1,40 mg/l
- vas:	1150 – 1550 µg/l
- mangán:	68 – 85 µg/l
- arzén:	9 – 12 µg/l
- pH:	~ 7,3
- Telepszám 37 °C:	0-4/1 ml
- Telepszám 22 °C:	0-15/1 ml
- Coliformszám:	0/100 ml
- Escherichia coli szám:	0/100 ml
- Pseudomonas aeruginosa:	0/100 ml
- Enterococcusok száma:	0/100 ml

Vízkezelési Technológia ismertetése

A kutakból a nyersvíz NA 300-as azbesztcement vezetéken keresztül jut el a vastalanító technológiáig. Amennyiben szükséges lenne, egy megkerülő vezeték is kiépítésre került,

amelynek köszönhetően a megfelelő tolózár állításával megkerülhető a tisztítási technológia és a nyersvíz közvetlenül a hálózatba juttatható.

A vastalanító üzemviteli épület, az iszapvíztelenítő ikermedence, a szennyvízgyűjtő akna, és a technológiai vezetékek az 1972-ben kialakított II/1. sz. kút védőterületén épültek meg.

Vastalanítás

A kutak vizének vastartalma átlagosan 1,0-1,6 mg/l. A telepen a vastalanítás hagyományos elven működik, vagyis a vízben lévő két vegyértékű vasat oxidálják, majd az így keletkezett pelyheket kiszűrik. Jelenleg az oxidálás hypo adagolással történik, ami után a víz két darab sorosan kialakított fekvő szűrőtartályon keresztül halad át. A szűrőfelület összesen így 35,6 m². A szűrőréteg vastagsága kb. 1,5 méter. A legalsó réteg egy 25 cm-es támréteg, amelyet egy kb. 1,1 méteres 2-3 mm szemmagyságú kavicsréteg követ. A szűrőtöltet tetején kb. 40 cm vastagságú 1-2 mm-es szemmagyságú mosott kvarchomok található.

A szűrőanyag eltömődésével a szűrőellenállás növekszik, a szűrési hatások pedig jelentősen romlik, így bizonyos mennyiségű átszűrt víz után, vagy meghatározott időközönként vissza kell azt öblíteni.

A kistérségi rendszeren az első szűrőtartályt nagyjából 6000 m³-enként, azaz 2-3 naponta szükséges öblíteni, míg a második szűrőtartályt elegendő 10.000 m³-enként.

A visszaöblítés során a már megtisztított vizet áramoltatják vissza alulról a szűrőbe. A szűrőtöltetet először levegőztetik, amelynek köszönhetően az fellazul, a szemcsék egymáshoz ütköznek, így eltávolítva a szennyeződések egymásról. Ezután vízzel és levegővel együttesen öblítenek, vigyázva arra, hogy a töltet ne mosódjon ki a tartályból. Utolsó lépésként csak vízzel öblítenek egészen addig, amíg az öblítővíz opálosra változik. Ezzel az öblítési ciklus befejeződik. A szűrési ciklus megkezdése előtt az előszűrlet elvezetésre kerül. Ebben a fázisban a megbolygatott szűrőanyag visszarendeződik a szűrőben, visszanyeri tömörségét.

A folyamat kb. 45 percet vesz igénybe, az öblítővíz mennyisége pedig nagyjából 100-140 m³-re tehető tartályonként.

A visszaöblítés során keletkező vasiszap zagy ülepítésére két darab zagymedence került kialakításra, amelyeknek egyenkénti hasznos térfogata 150 m³. A medencében a zagyvíz tartózkodási ideje legalább 24 óra.

Kiüledés után a medence tetszőleges szintig leüríthető. A leengedett víz egy zsilipen keresztül kerül az elvezető aknába. Innen szivattyúval emelik ki az 51-es számú főút mellett húzódó vízelvezető árokba, ahol az ülepített víz elszikkad.

5.1.3. A hálózat ismertetése

A távvezeték a Dávod és Csátalja közötti vízbázistól indulva keresztezi az 51-es számú főutat, majd az egykori Baja-Hercegszántó vasúti vonal megmaradt töltésében két irányban halad tovább. Dávod község felé NA 150-es, míg ellenkező irányban egészen Bátmonostor határáig NA 300-as AC nyomócső megy.

Dávod irányába a meglévő NA 150-es AC vezetékkel párhuzamosan kiépítésre került egy új NA 150-es KM-PVC ág is, mivel a teljes északi ág kiépítése után Dávod község vízellátása meglehetősen kedvezőtlen helyzetbe került az eredeti állapotokhoz képest.

Bátmonostoron a távvezeték kétfelé válik. Szeremle irányába NA 250-es, míg Vaskút irányába NA 300-as AC nyomóvezeték halad.



3. ábra: A Baja Környéki Kistérségi hálózat

A távvezeték hosszára való tekintettel, illetve amiért a bátmonostori tároló központ két részre osztja a rendszert, az esetleges hibákat, csőtöréseket a kezelőközpontban csak kis mértékben, vagy egyáltalán nem észlelték volna. Ennek okán a távvezeték szakaszolt, illetve a vezeték mentén bizonyos helyeken nyomásérzékelők lettek elhelyezve. Tolózarak találhatók a vízbázis és a távvezeték csatlakozásánál, Dávod irányába mindkét vezetéken, Csátalja előtt és után, Nagybaracska előtt és után, a bátmonostori tárolóközpontnál, illetve Bátmonostor község után a Vaskút felé induló vezetéken.

A távvezetékről Csátalján két helyen van lecsatlakozás a községi hálózatra, Nagybaracska három, Bátmonostoron négy. Mindegyik vízmérővel felszerelt, azonban a jelenlegi fogyasztások mellett elegendő egy lecsatlakozási pontot használni minden település esetében, így a többi lezárásra került. Ezeken a pontokon nyomásmérők is találhatók. A távvezeték végpontjain helyezkednek el Dávod, Szeremle és Vaskút települések elosztóhálózatai.

A településeken belül az elosztó hálózat AC, PVC és KM csövekből áll, NA 80/100/125/150-es átmérővel. Vaskút, Dávod és Csátalja a kistérségi vízellátó rendszer egyesítése előtt, az 1960-as évek óta rendelkezett saját hálózattal, így ezen falvak öregebb és túlnyomó többségben azbesztcement vezetékekkel rendelkeznek, míg Bátmonostor, Szeremle és Nagybaracska vezetékei újabbak, jellemzően KM anyagú csövek. Ezen elosztóhálózatok az egyesítés idejében épültek ki az 1980-as évek elején.

Tárolók a térségben

A tervezés során figyelembe vették a már meglévő hálózatok magastárolóit, amelyek a jelenlegi rendszerben is üzemelnek. Dávodon, Csátalján és Vaskúton egy-egy 100 m³-es hidroglobusz található.

A rendszer tökéletes működése érdekében Bátmonostoron kiépítésre került egy tárolóközpont, amely egy 200 m³-es hidroglobuszt és egy 1000 m³-es kör alapú térszíni medencét foglal magában. A medencében három darab búvárszivattyú található.

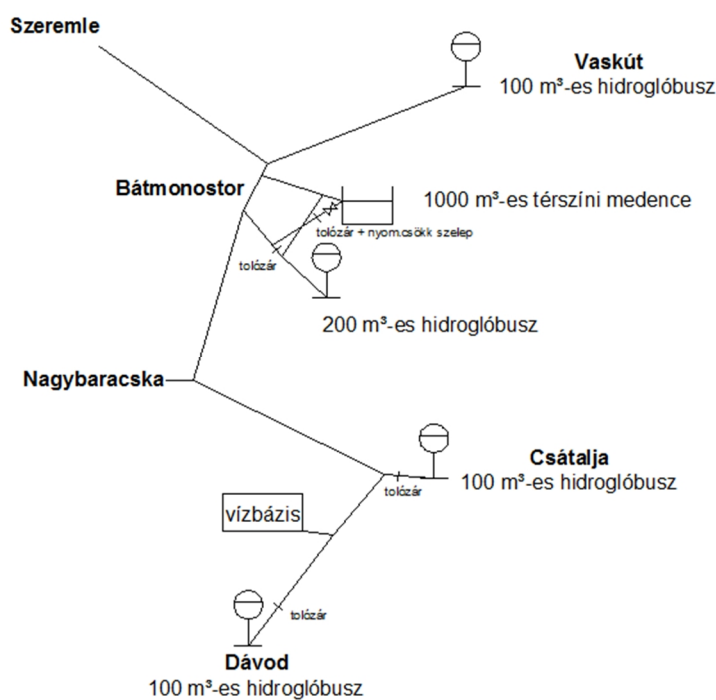
A rendszer működése

A rendszeren jellemzően két üzemállapot fordul elő üzemszerű működés esetén. Első üzemállapotban két nyomászóna alakul ki a térségben. A kútszivattyúk folyamatosan termelnek a hálózatra a bátmonostori tárolóközpont felé, ahol nyomástartó szelepen keresztül kerül a fölösleges víz az 1000 m³-es medencébe. Erre a nyomászónára esik Dávod, Csátalja és Nagybaracska.

Ebben az üzemállapotban a másik nyomáskörzetbe tartozik a három fennmaradó település, vagyis Bátmonostor, Szeremle és Vaskút. Ezen településeket a bátmonostori 200 m³-es hidroglóbusz látja el magas vízszint esetén, alacsony vízszint esetén a tárolóközpont térszíni medencéjében bekapcsolnak a bűvárszivattyúk, amelyek a hálózatra termelnek, illetve a bátmonostori hidroglóbuszt töltik egy időben.

A másik üzemállapotban a vízbázis kútszivattyúi nem üzemelnek, nincs betáplálás a rendszerbe. Ebben az esetben a hálózat legmagasabb pontja a bátmonostori 200 m³-es glóbusz, ez látja el mind a hat települést.

A medence bűvárszivattyúit képes kapcsolni a Vaskúti glóbusz is. Bátmonostor és Vaskút között a távvezetéken egy visszacsapó szelep található, amely Vaskút irányába teszi lehetővé a víz áramlását.



4. Ábra: A kistérségi rendszer sémája

Dávod és Csátalja külön kis rendszerként működik, ugyanis amikor a településeken található 100 m³-es glóbusz megtelik, akkor automata tolózár választja le a településeket a távvezetékéről. Ilyenkor a falu vízellátását a helyi glóbusz hivatott megoldani. Amikor a glóbusz szintje a meghatározott minimum szintre csökken, akkor a tolózár automatikusan kinyit és megkezdődik a toronytöltés.

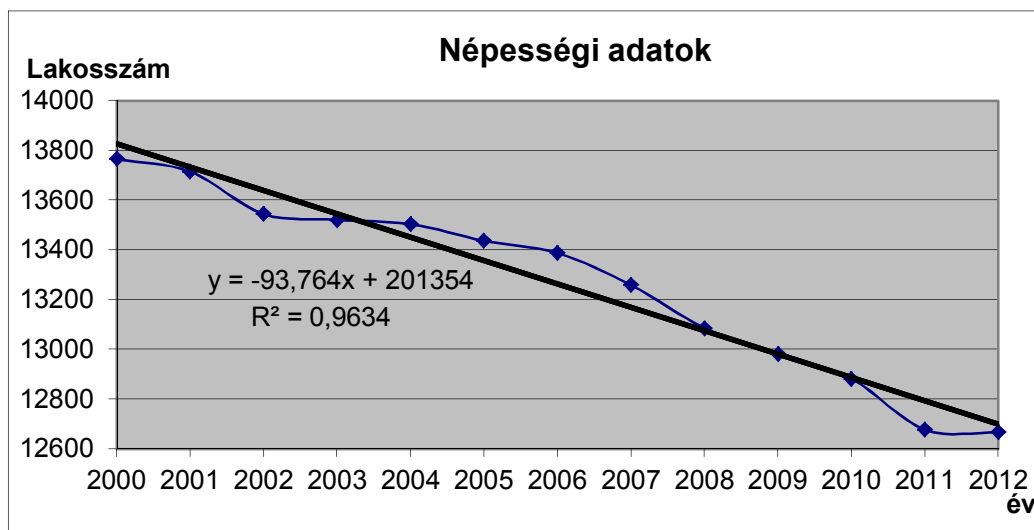
Tervezési alapadatok

A Bajavíz Kft. a rendelkezésemre bocsátotta a kistérségi rendszer településeinek vízhálózatát papíralapú, scannelt térképek formájában, amelyből digitális, AutoCad állományt készítettem. 2002-től 2012-es évig kaptam pontos, éves fogyasztási adatokat, ami alapján a vízigényeket számítottam.

A lakossági adatokhoz a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) honlapján jutottam hozzá.

Lakossági adatok

A Baja Környéki Kistérségi vízellátó hálózat területén jól megfigyelhető, hogy a népesség az utóbbi időben folyamatosan fogyó tendenciát mutat.



5. ábra: A népesség alakulása a Baja Környéki kistérségi vízellátó rendszer településein összesen

Vízigények

A vízigényeket 2002-2012-ig vettem figyelembe, ugyanis pontos éves adatokat csak ezen időszakig bezárólag tudtak szolgáltatni az adatkérés időpontjában. A számításaim során az utolsó négy év fogyasztásainak átlagát vettem alapul.

A modell felállításánál három állapotot vettem figyelembe a fogyasztói szokások szempontjából. Az éves fogyasztás napi minimumát, átlagát és maximumát. Ezt azért tartottam fontosnak, mert minimális fogyasztások esetén alakulnak ki a legnagyobb nyomások, ugyanakkor a legkisebb sebességek a hálózaton és a legnagyobb vízkorok. A maximális fogyasztás esetén alacsony nyomásokkal, de nagyobb sebességekkel és veszteséggel kell számolnunk. Az év legnagyobb részében előforduló állapot az átlagfogyasztás, így ennek vizsgálata szintén elengedhetetlen.

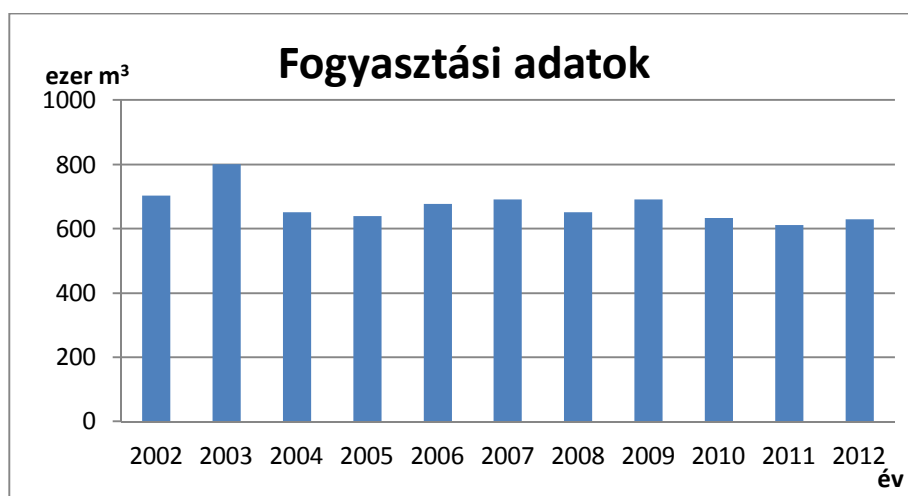
A kapott vízfogyasztási adatok utolsó négy évéből átlagot számoltam, majd megállapítottam az átlagos napi vízigényt. Ezt a településekre meghatározott évszakos egyenlőtlenségi tényezővel szorozva kaptam meg a maximális napi vízigényeket. A napi minimális vízigényeknél az átlag napi vízfogyasztás 80%-ával számoltam. A fogyasztások napon belüli eloszlását a kistérségi folyamatirányító rendszer segítségével határoztam meg minden településre külön-külön.

A kistérség területén a fajlagos fogyasztások településenként eltérnek, 92 l/fő/d és 104 l/fő/d közé esnek.

A hálózaton az ivóvíz felhasználás a nyári időszakban a legmagasabb. Ez részben a locsolásnak, öntözésnek, egyéb munkálatoknak köszönhető a településeken, illetve Dávodon valamivel magasabb ($=2,20$) évszakos egyenlőtlenségi tényezőt vettem fel. A településen található egy gyógy- és strandfürdő, amely saját kúttal rendelkezik, így a kistérségi rendszerről fogyasztása alig van, ellenben a fürdő csak szezonálisan tart nyitva, ami azt jelenti, hogy nyáron, az üdülőszezonban vélhetően többen tartózkodnak a településen, tehát az ivóvízfogyasztás is nagyobb.

A napi vízfogyasztás eloszlásban átlagban két csúcs figyelhető meg. Egy kisebb 9-től a déli órákig, illetve egy kiugróbb esti, 21-22 óra között. A késő éjszakai órákban gyakorlatilag alig figyelhető meg vízfogyasztás a hálózaton.

Az utóbbi évek fogyasztási adatait egy diagramban foglaltam össze.



6. ábra: Az utóbbi évek fogyasztási adatai

Hidraulikai modell felépítése

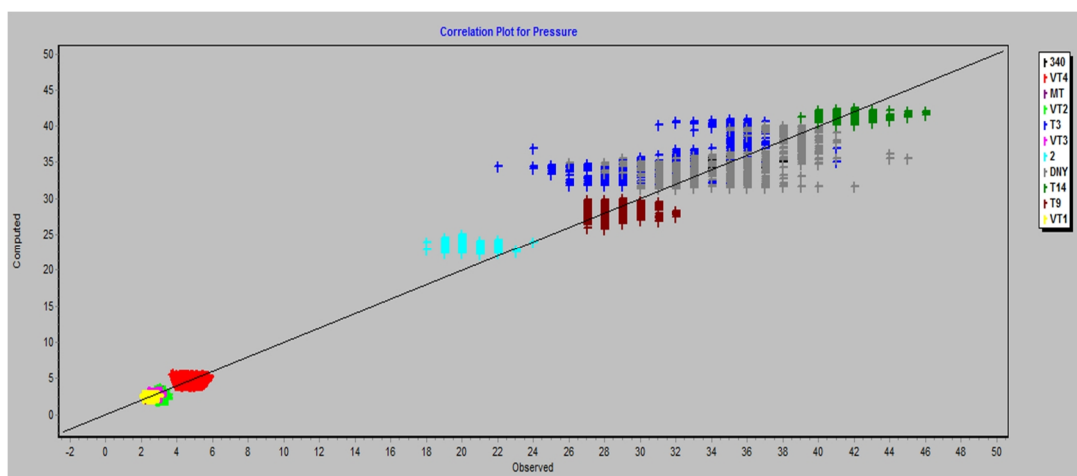
A hálózat hidraulikai modellezéséhez az EPANET programot használtam. Az AutoCad-ben digitalizált térképeket EpaCad szoftverrel konvertáltam át az EPANET-be. Az esetlegesen rosszul felismert csomópontokat korrigáltam, majd definiáltam a csővezetékek érdességét és átmérőjét. A csomópontok esetében megadtam az előtte domborzati térképről leolvasott tengerszint feletti magasságokat feltételezve, hogy a vezetékek nagyjából 1,5 méteres mélységben helyezkednek el a föld felszíne alatt. A vízigényeket szétosztottam a csomópontokra és fogyasztási menetgörbéket csatoltam hozzájuk.

A területen jelentősebb nagyfogyasztó nincs, ezért csak azon közületeket, intézményeket és cégeket vettem figyelembe egyéb fogyasztóként, amelyek havonta legalább 30 m³ ivóvizet fogyasztanak. Ezekhez szintén külön fogyasztási menetgörbét adtam meg a fogyasztó jellegétől függően. Közületek és cégek esetében azt feltételeztem, hogy egy műszakban dolgoznak az intézményben, tehát a fogyasztás 8-16 óráig jellemző, míg a szociális otthonok esetében reggel 7-től este 21 óráig észlelhető jelentősebb vízfogyasztás.

A hálózat folyamatirányító rendszerébe szabad betekintést nyerhettem a szakdolgozatom készítése alatt, amely segítségével viszonylag pontos napi eloszlási görbéket állíthattam fel minden településre.

A további elemek (tározók, szivattyúk, elzáró szerelvények, stb.) definiálása után a rendszer vezérlését tápláltam be a programba tekintettel arra, hogy az életben a kistérségi rendszer működése szinte teljesen automatikus, a vízfogyasztástól függ.

A modellelmet a folyamatirányító rendszer alapján egy átlagfogyasztású napra (~1700 m³/nap) kalibráltam be a rendelkezésemre álló nyomás és vízhozam adatok alapján.



7. ábra: Nyomáskalibrációs értékek

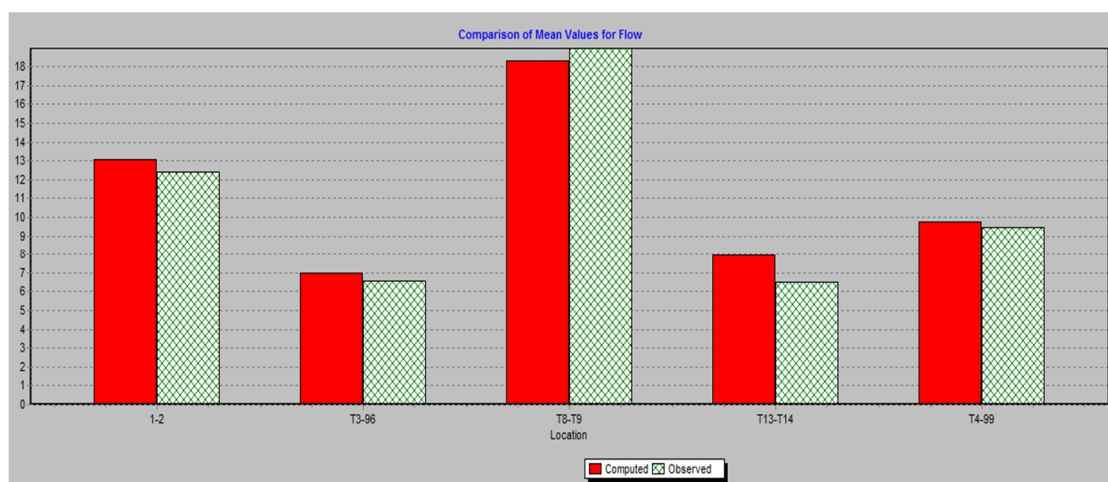
A nyomás kalibrációs ábrán és a kalibrációs statisztikában megfigyelhető, hogy a valóságban mért és a modell által számított nyomás adatokban a maximális eltérés ~ 4 méteres vízoszlopnak felel meg, vagyis 0,4 bar különbség észlelhető a valós rendszer működése és felépített modell között.

Calibration Statistics for Pressure

Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error
340	1439	34.66	34.98	0.847	1.027
VI4	1439	4.70	4.75	0.537	0.684
MT	1439	2.78	2.83	0.139	0.165
VI2	1439	3.12	2.75	0.467	0.582
T3	1439	31.11	34.88	3.907	4.368
VI3	1439	2.77	2.74	0.223	0.274
2	1439	20.11	23.04	2.935	3.122
DNY	1439	34.95	34.85	1.755	2.357
T14	1439	41.73	41.35	0.856	1.149
T9	1439	28.31	27.97	0.899	1.115
VI1	1439	2.54	2.56	0.194	0.236
Network	15829	18.80	19.34	1.160	1.882

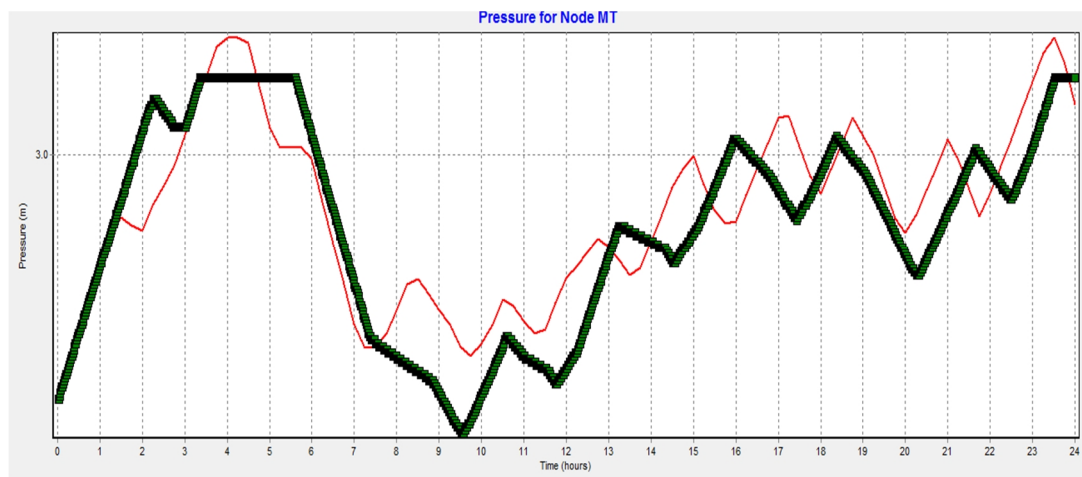
2. táblázat: Nyomás kalibrációs statisztika

A vízhozam kalibrációra kisebb figyelmet fordítottam, hiszen ez jelentősen eltérhet a valósághoz képest a csőhálózat kora, anyaga és minősége miatt. Jelentős eltérést okozhatnak a térképdigitalizálás és összeillesztés során jelentkező pontatlanságok, illetve a tengerszint feletti magasságok pontatlan meghatározása is.



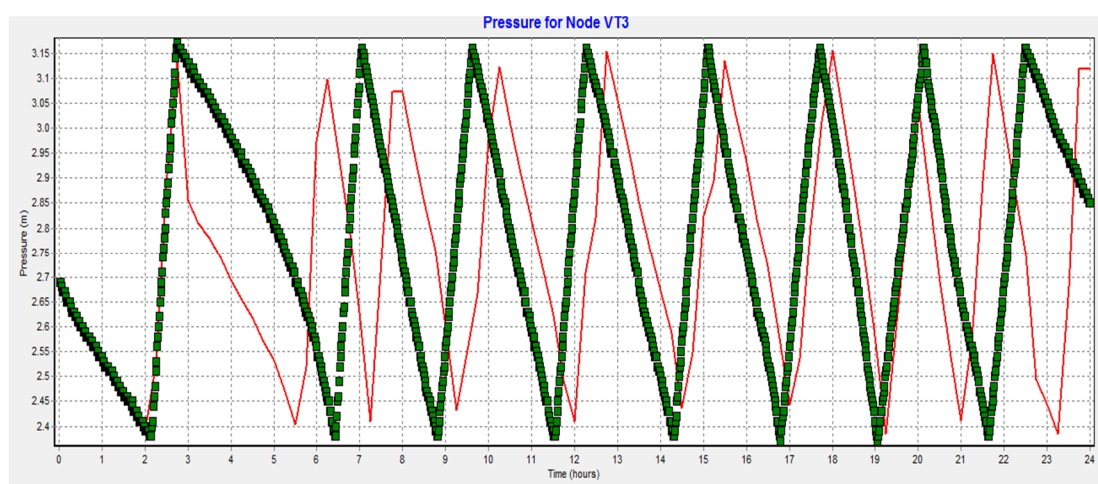
8. ábra: Vízhozam kalibrációs eredmények, ahol a piros szín jelöli a számított értékeket, míg a másik a megfigyelt vízhozam adatokat

A rendelkezésemre álló adatokból tározó szintekre is tudtam kalibrálni. A rendszer egyik legfontosabb tározója a bátmonostori térszíni medence, így elsősorban erre fordítottam a legnagyobb figyelmet.



9. ábra: Bátmonostori térszíni medence nyomásgörbéje, ahol a piros görbe mutatja a számított értékeket, a zöld a kalibrációs adatokat

A kalibráció során igyekeztem odafigyelni arra, hogy a többi tározó számított szintjei is megfeleljenek nagyjából a mért adatoknak, viszont a vízkor vizsgálata miatt, ami egy hetes, vagy annál is hosszabb futtatást igényel, mindenképpen azt tartottam lényegesnek, hogy a tározók nap végére visszatöltsenek a megfelelő szintre, ezzel lehetővé téve a több napos futtatást.



10. ábra: A dávodi hidrolóbusz nyomásgörbéje a kalibrációs értékekkel összehasonlítva

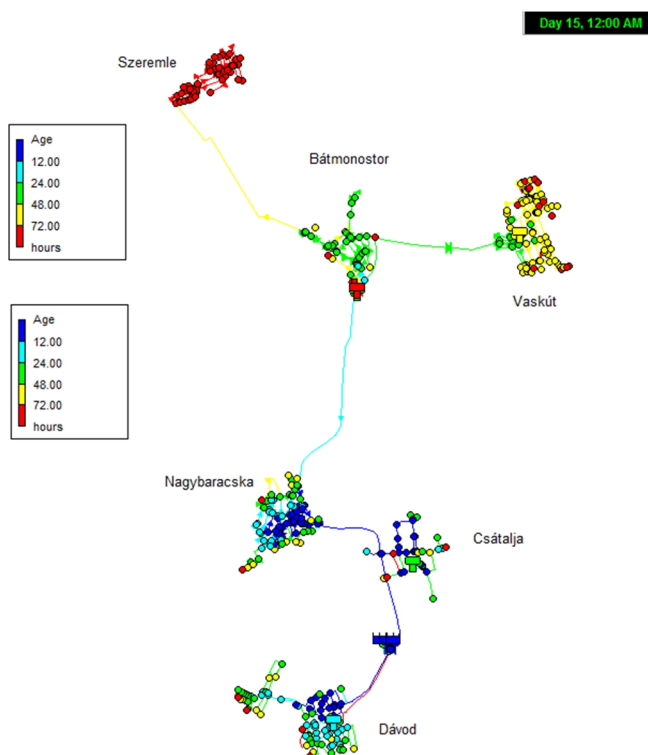
A rendszer rendkívüli összetettsége és bonyolultsága, illetve a kapott adatok hiányossága miatt a felállított hidraulikai modelleket a valós értékek ismeretében és az eltérések figyelembe vételével kalibrált modellnek tekintetem.

Hidraulikai elemzés

Minimális fogyasztás esetén: A minimális fogyasztások a téli hónapokban fordulnak elő. A víz ilyenkor tartózkodik a leghosszabb ideig a rendszerben. A víz tartózkodási idejének csökkentése érdekében a Baja Környéki Kistérségi hálózaton ezen időszakban a rendszerből kizárják a bátmonostori térszíni medencét, ami így csak mennyiségi tározásra szolgál. A vízbázis kútjainak vezérlését ilyenkor a 200 m³-es hidroglobusz szintjei oldják meg.

A nap folyamán a nyomások 1,6 és 4,6 bar között alakulnak. A legalacsonyabb nyomásviszonyok Dávod északi területein alakulnak ki, míg a modell alapján a legmagasabbak Nagybaracsán és Szeremlén fordulnak elő.

Az alacsony fogyasztási időszakokban a távvezeték, a dávodi szakaszt leszámítva sehol nem éri el a kívánt 0,4 m/s-os öblítési sebességet egy napon belül legalább egy órára. Az elosztó hálózatok esetében ez a sebesség Bátmonostoron, Nagybaracsán és Szeremlén egy szakaszon sem figyelhető meg. Dávodon mindössze 9 db, Csátalján 3 db, Vaskúton 4 db csőszakaszon alakul ki.



11. ábra: A vízkorok alakulása a hálózaton minimális fogyasztás esetén (~1380 m³/nap)

A víz tartózkodási ideje szempontjából a legrosszabb helyzetben Szeremle van. Itt a távvezetékhez közelebb eső csomópontokon 76-90 órás vízkorok alakulnak ki, míg a távolabbi pontokon 155-164 órát is eléri a tartózkodási idő.

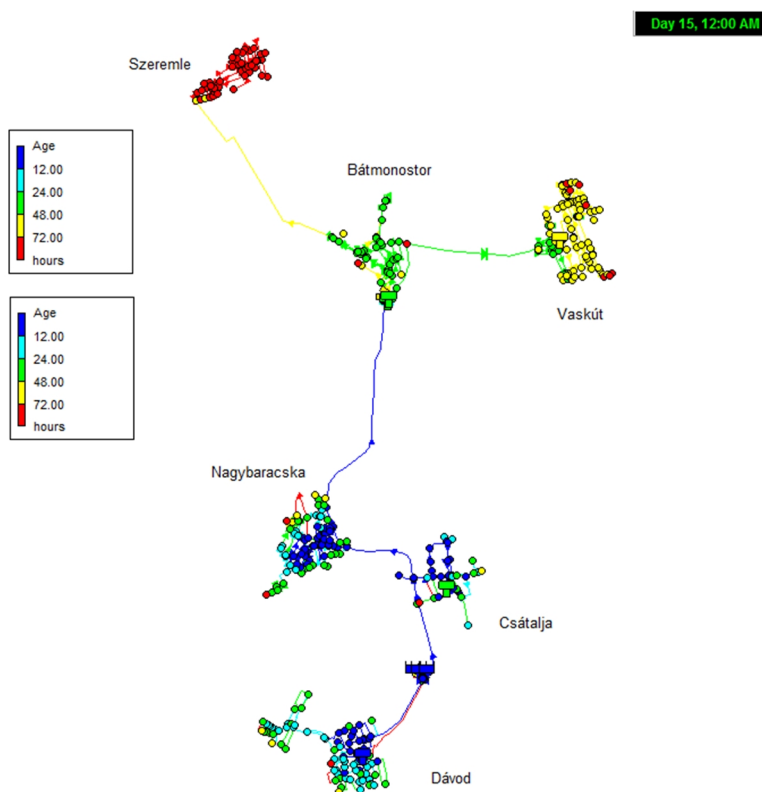
A vaskúti elosztóhálózat végpontjain maximálisan 87 órás vízkor alakul ki, míg a település belső területein ez végig 78 óra alatt marad. Nagybaracskán egy-egy ágvezetékét leszámítva a vízkor a 48 órát nem haladja meg.

Csátalján három csomóponton alakul ki komolyabb vízkor (146 h, 190h és 78 h), míg Dávodon szintén csak néhány ágvezeték esetében észlelhető nagyobb tartózkodási idő.

Az ábrán látható, hogy a tározókban a víz tartózkodási ideje megfelelőnek mondható. Mivel az alacsony fogyasztású időszakokban a Bátmonostori térszíni medence nem képezi szerves részét a rendszernek, ezért ez az ábrán figyelmen kívül hagyható.

A regionális és a térségi rendszereknél általános probléma a 72 órát meghaladó vízkor, ami már minőségi változásokat okozhat az ivóvízben. A probléma ennél a rendszeren is jelen van.

Átlagfogyasztás esetén: Az átlagfogyasztás az év legnagyobb részében kialakuló viszonyokat mutatja. Ebben az állapotban a legfontosabb a vízkorok vizsgálata.



12. ábra: A vízkorok alakulása a hálózaton átlagos fogyasztás esetén (~1700 m³/nap)

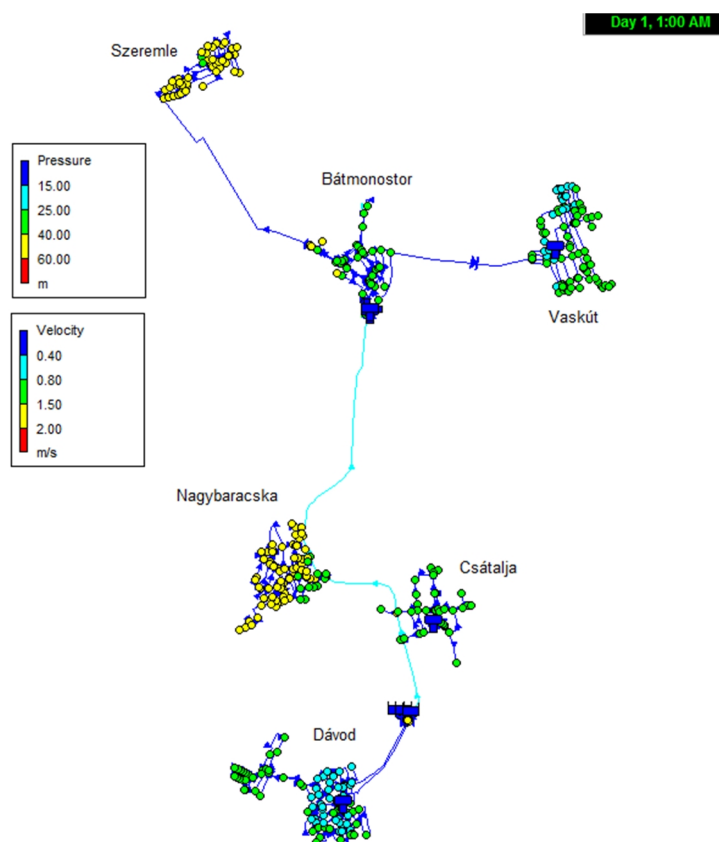
A sebesség és nyomásviszonyok hasonlóan alakulnak, mint az alacsony fogyasztású időszak esetében.

A vízkorok szintén nem sok eltérést mutatnak az előzőekben ismertettektől. Általánosan megfogalmazható, hogy mindenhol csökkentek a tartózkodási idők 10-20 órával.

Maximális fogyasztás esetén: Maximális fogyasztás a nyári időszakokban fordul elő.

Ebben az időszakban a távvezetéknek már több szakasza is eléri a minimális 0,4 m/s-os öblítési sebességet egy nap legalább egy órára. A bátmonostori leágazástól viszont sem Szeremle, sem Vaskút között nem áll elő ez a sebesség. A vaskúti szakaszon a maximális sebesség 0,26 m/s, míg a szeremlei szakaszon 0,22 m/s.

Az ábrán láthatók azon távvezeték szakaszok, amelyek elérik a minimális öblítési sebességet. Kivételt képez ez alól a vízbázis és a Dávod közötti csővezeték, ugyanis az itt található tolózár többnyire akkor tart zárva, amikor a többi szakaszon megfelelő sebesség alakul ki. Más időpontban (pl.: 3:00-kor), amikor a tolózár nyitva tart, ez a szakasz is eléri a kívánt sebességet egy-egy órára, míg abban az időpillanatban a többi szakasz nem.



13. ábra: Maximális áramlási sebességek (m/s)

A napi csúcsfogyasztások mellett tapasztalhatóak a legalacsonyabb nyomások. Különös figyelmet igényel Dávod, ahol egy nap többször, több ponton is leesik a nyomás a minimális 1,5 bar alá. A településen a nyomásviszonyok 1,5 és 2,7 bar között alakulnak.

Vaskúton a napi csúcsfogyasztások környékén 1,9 és 2,9 bar közötti nyomásokkal kell számolnunk, míg az éjszakai alacsony fogyasztások mellett a nyomásértékek mindenhol csaknem 0,3 bar-ral magasabbak.

Szeremlén hasonló tendencia figyelhető meg. Itt a nyomások csúcsfogyasztás esetén 3,8 és 4,2 bar között alakulnak, míg az éjszakai nyugalmas időszak mellett a nyomásviszonyok 4 és 4,4 bar között alakulnak.

Nagybaracskán szintén 0,3-0,4 bar különbség figyelhető meg a két időszak között, így itt csúcsfogyasztás mellett 3 és 4,2 bar között alakulnak a nyomások, míg az éjszakai időszakban 3,4 és 4,6 bar között.

Csátalján és Bátmonostoron jelentősebb nyomásingadozások nem figyelhetők meg.

Az általam vizsgált nagyfogyasztású időszakban a 4/b kútszivattyú egy nap 20 órát termelt, míg a 2-es kútszivattyú 22 órát. A bátmonostori térszíni medencében található szivattyúk közül egy üzemel az adott napon, 17 órás üzemidővel.

A rendszer túlméretezett, ezért szinte a teljes hálózat rendszeres öblítést igényelne, ami fokozottan igaz az átlag, illetve az alacsony fogyasztású időszakokra.

6. Javaslatok a Kistérségi ivóvízellátó hálózaton kialakult vízkorok csökkentésére

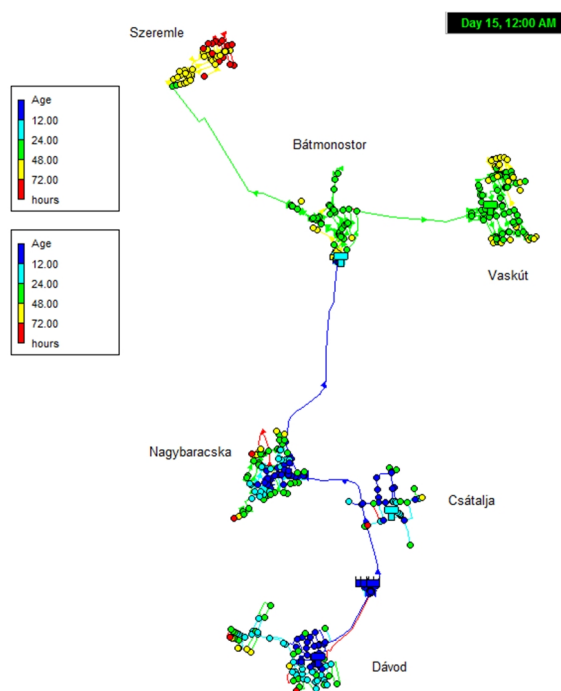
Az általam tervezett állapotban minimális átalakítással javítottam a víz tartózkodási idején. A rendszer átalakítása során az NA 300-as méretű azbesztcement nyomócsöveket NA 150-es KPE vezetékre cseréltem a Nagybaracska és Bátmonostor, illetve a Bátmonostor és Vaskút közötti szakaszon. A Bátmonostor-Szeremle szakaszon az NA 250-es méretű azbesztcement csövet cseréltem le NA 150-es KPE-re. Már ezáltal is nagyobb sebességeket és kisebb tartózkodási időket kaptam.

A bátmonostori tárolóközpont 200 m³-es hidroglobuszát a rendszerből kizártam. A Bátmonostor és Vaskút között haladó távvezetésekről a visszacsapó szelepet, amely meggátolná a településről való visszaáramlást, eltávolítottam. Ebben az állapotban a Bátmonostoron

megmaradó 1000 m³-es medencében lévő bűvárszivattyúkat a vaskúti hidroglobusz szintjei vezérlik, míg a kútszivattyúkat a medence szintek indítják, illetve állítják le automatikusan.

Az új kialakítás miatt a nyomások jelentősen megnövekedtek. Helyenként 6 bar fölé emelkednek, ami a távvezeték esetében nem jelent különösebb problémát, azonban a magasabb nyomások a nagybaracscai elosztó hálózaton is jelentkeztek. Ennek kiküszöbölése érdekében a települési elosztó hálózat és a távvezeték csatlakozási pontjára egy nyomáscsökkentő szelepet helyeztem el, amin beállítható a tartani kívánt nyomás.

Az átalakítás különösen az északabbra eső településekre van hatással, mivel érdemleges változások ezen a területen történtek. Összességében megállapítottam, hogy Dávodtól Nagybaracskaig a távvezeték cseréje átmérő szempontjából nem indokolt, ezzel ugyanis az alsóbb településeken nem nyerhető annyival alacsonyabb vízkor, ami meggondolandóvá tenné ezt a lehetőséget. Az említett vezetékeket egészségügyi szempontból, illetve az üzembiztonság növelése érdekében lenne célszerű kicserélni.



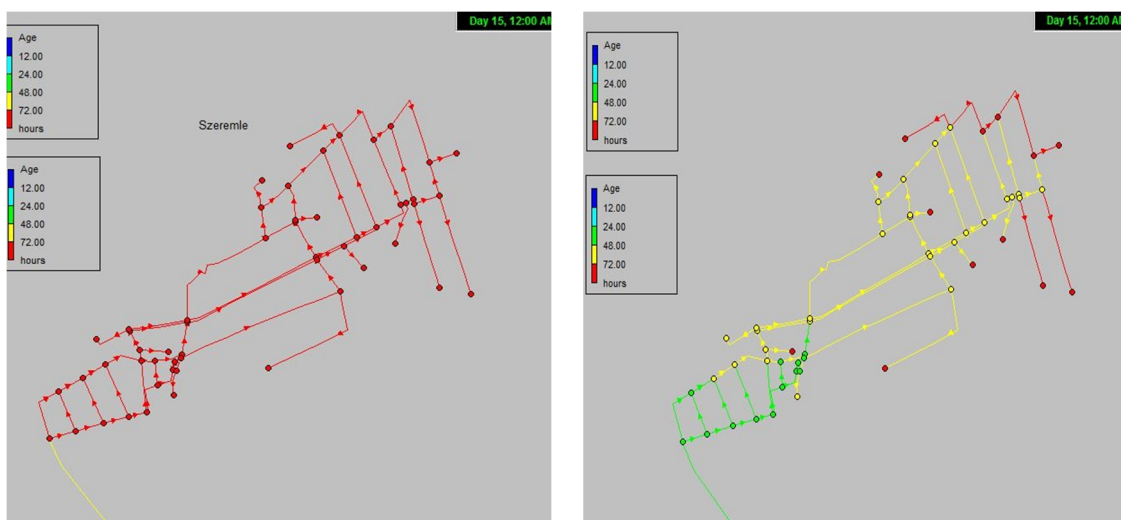
14. ábra: A vízkorok alakulása a tervezett állapotban, átlagfogyasztási időszakban

A távvezetéken ugyanazon időpillanatban kialakuló tartózkodási időket táblázatban foglaltam össze a meglévő és az általam tervezett állapotban.

	Jelenlegi állapotban [h]	Tervezett állapotban [h]
dávodi leágazás	2,71	2,50
csátaljai leágazás	2,21	2,15
nagybaracskai leágazás	4,46	3,85
bátmonostori leágazás	39,73	20,51
vaskúti leágazás	47,90	26,18
szeremlei távvezeték eleje	42,19	28,60
szeremlei leágazás	74,74	41,14

3. táblázat: Vízkorok alakulása ugyanazon időpillanatban a jelenlegi és a tervezett (A) állapotban

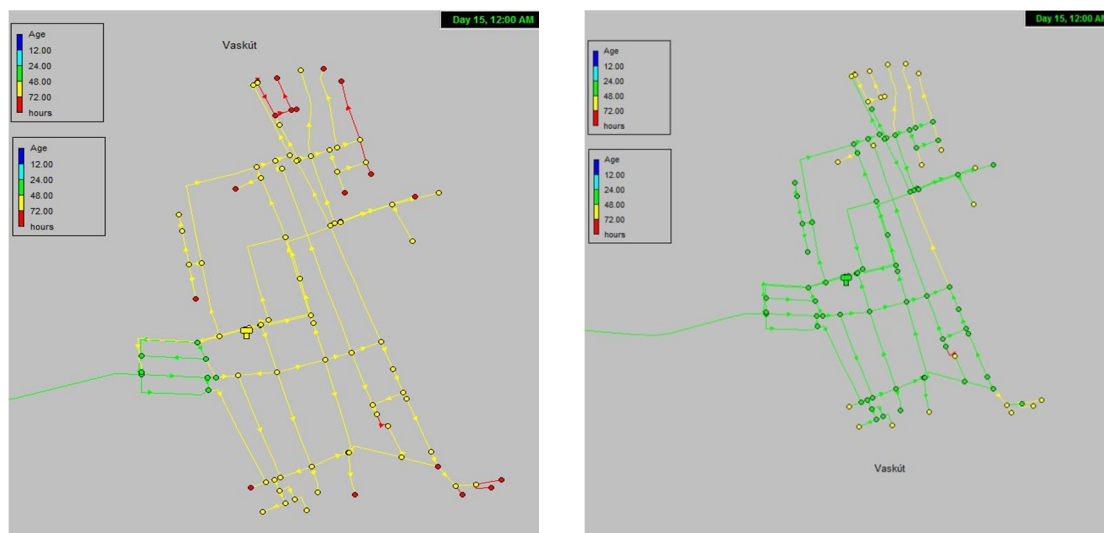
A legjelentősebb változások Szeremlén és Vaskúton észlelhetők. Az alábbi ábrán láthatók a jelenlegi rendszerben, míg mellette a tervezett állapotban kialakuló vízkorok. A skálázás a képek esetében megegyezik. A zölddel jelölt vezetékeken és csomópontokon a víz tartózkodási ideje meghaladja a 24 órát. A sárga szakaszok és csomópontok esetében a 48 órát, míg a piros szín esetében a 72 órát.



15. ábra: A Szeremlén kialakuló vízkorok a jelenlegi és a tervezett (A) állapotban

A meglévő állapotban a vízkorok 74 és 150 óra között alakultak Szeremlén, a távvezetéktől távolodva egyre növekvő tendenciát mutatva az elosztó hálózaton. A tervezett állapotban a tartózkodási idők 41 és 107 óra közé esnek a településen, tehát általánosan megfogalmazható, hogy az új rendszer által a vízkort több mint egy nappal sikerült lecsökkenteni.

Hasonló következtetések vonhatók le Vaskút esetében is. Itt a meglévő állapotban a távvezetékhez közel 47 óra körüli értékek alakulnak ki, míg az elosztóhálózat végpontjain már 88 órás vízkorokat mutat a modell. A tervezett állapotban a tartózkodási idő 26 és 60 óra közé esik, tehát itt is majdnem egy napnyi vízkort sikerült megtakarítani a változtatásokkal.



16. ábra: A Vaskúton kialakuló vízkorok a jelenlegi és a tervezett (A) állapotban

A Vaskúton található hidroglobuszban a víz tartózkodási ideje eredeti állapotban csaknem 59 óra, míg a tervezettben ez alig haladja meg a 33 órát.

7. Összefoglalás

A jelenlegi rendszert többféle szempont alapján lehet összevetni az általam tervezett rendszerrel.

A meglévő rendszert az 1980-as évek elején nagyjából 6000 m³/nap-os fogyasztási igényekre tervezték, tehát a rendszer a mai fogyasztási viszonyokhoz képest jelentősen túlméretezett. A települési hálózatokon a víz „pang”, ebből adódóan indulnak el különböző negatív folyamatok, amelyek hatással vannak az ivóvíz minőségére.

Összességében megállapítható, hogy vízkor szempontjából az általam tervezett rendszer jobb eredményeket mutat a meglévő kialakításnál. A rendszer képes ellátni az kis-, a nagy- és az átlagfogyasztási időszakok vízigényét is, illetve képes biztosítani a tűzoltási vízigényeket.

A kisebb átalakítások igénye mellett is nő az üzemeltetési biztonság, hiszen a rendszer már ezáltal is egyszerűbbé válik. A hálózaton a tározó térfogat nem csökken drasztikusan, hiszen

megtartásra kerül a bátmonostori 1000 m³-es térszíni medence és a vaskúti 100 m³-es glóbusz is, így az összes tároló térfogat 1500 m³-ról csak 1300 m³-re csökkent a bátmonostori glóbusz kizárásával.

A víz tartózkodási ideje szempontjából Dávodtól indulva az északi végpontok felé haladva 3-41 órás vízkorok alakulnak ki a távvezetéken. A jelenlegi rendszerben a távvezeték távolabbi pontjain már 74 órás vízkorok figyelhetők meg, az elosztó rendszerben pedig csak még magasabbak, aminek következtében már a szakirodalomi feltárásban ismertetett okok miatt romolhat a vízminőség a hálózatban.

Az azbesztcement csövek cseréje KPE-re csökkenti a csőtörés kockázatát a hálózaton, a hálózati vízminőség romlás pedig kevésbé lesz jelentős a cső minőségéből adódóan.

8. Irodalomjegyzék

1. BME (2004): Regionális Közműrendszerek (Segédlet) – Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest
2. BME (2009): Vízellátó rendszerek hidraulikai rendszervizsgálata, vizsgálati módszertana – Témafelelős: Dr. Darabos Péter, Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest
3. Buzás Kálmán (1991): Települések vízellátása 2., Budapest
4. Darabos Péter – Mészáros Pál (2004): Közművek, Budapest
5. Dél-Bács-Kiskun megyei Vízmű Vállalat (1982): Baja Környéki Kistérségi Vízmű Összefoglaló dokumentáció, Kiskunhalas
6. Dombay Gábor (2003): EPANET 2 Segédlet – Eötvös József Főiskola, Baja
7. Dombay Gábor (2007): Hálózati ivóvízminőség-romlási folyamatok mérséklése vízminőségi modellezés alkalmazásával, Vízmű Panoráma 2007. évi 3. szám
8. EPANET Programmer's Toolkit, U.S.A
9. Kubatov István: EPANET Segédlet - Eötvös József Főiskola, Baja
10. Lewis A. Rossmann (2000): Epanet 2 User Manual
11. Öllös Géza (1975): A víz minőségének romlása a vízelosztó rendszerben – Hidrológiai Közlöny 1975. évi 2. szám
12. Öllös Géza (1987): Vízellátás K+F eredmények, Budapest
13. Öllös Géza (2008): Vízminőség-változás a vízelosztó rendszerben, Budapest
14. Öllös Géza (1997): Vízisztítás – Üzemeltetés, Eger
15. Török László (1998): Tervezési segédlet település vízellátása tanulmányterv készítéséhez, Baja

9. Ábrajegyzék

1. Ábra: A baktériumszaporodás, a hőmérséklet és a tartózkodási idő kapcsolata (Öllös, 2008)	7
2. ábra: A Baja Környéki Kistérségi hálózat elhelyezkedése a bajai kistérségen belül	13
3. ábra: A Baja Környéki Kistérségi hálózat	18
4. Ábra: A kistérségi rendszer sémája	20
5. ábra: A népesség alakulása a Baja Környéki kistérségi vízellátó rendszer településein összesen	21
6. ábra: Az utóbbi évek fogyasztási adatai	22
7. ábra: Nyomáskalibrációs értékek	23
8. ábra: Vízhozam kalibrációs eredmények, ahol a piros szín jelöli a számított értékeket, míg a másik a megfigyelt vízhozam adatokat	24
9. ábra: Bátmonostori térszíni medence nyomásgörbéje, ahol a piros görbe mutatja a számított értékeket, a zöld a kalibrációs adatokat	25
10. ábra: A dávodi hidroglobusz nyomásgörbéje a kalibrációs értékekkel összehasonlítva	25
11. ábra: A vízkorok alakulása a hálózaton minimális fogyasztás esetén ($\sim 1380 \text{ m}^3/\text{nap}$)	27
12. ábra: A vízkorok alakulása a hálózaton átlagos fogyasztás esetén ($\sim 1700 \text{ m}^3/\text{nap}$)	27
13. ábra: Maximális áramlási sebességek (m/s)	28
14. ábra: A vízkorok alakulása a tervezett állapotban, átlagfogyasztási időszakban	30
15. ábra: A Szeremlén kialakuló vízkorok a jelenlegi és a tervezett (A) állapotban	31
16. ábra: A Vaskúton kialakuló vízkorok a jelenlegi és a tervezett (A) állapotban	32

10. Táblázatjegyzék

1. táblázat: A víztisztító telepet elhagyó víz és a vízelosztó rendszer vízminőségének változási irányai és a változás mértéke (nyáron és télen), (Öllös, 1997)	7
2. táblázat: Nyomás kalibrációs statisztika	24
3. táblázat: Vízkorok alakulása ugyanazon időpillanatban a jelenlegi és a tervezett (A) állapotban	31

11. Mellékletek

M1 – Átnézeti helyszínrajz - Jelenlegi állapot

M2 – Átnézeti helyszínrajz - Tervezett állapot

M3 – Jelenlegi vízigények a rendszeren