



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

Gaja-patak állapotfelmérése és vízminőség javító intézkedések tervezése

Készítette:

Szolga Renáta

Vegyész- és Biomérnöki kar,

Környezetmérnök szak, környezettechnológia szakirány

Témavezető:

Dr. Clement Adrienne

Egyetemi docens

2020.10.30.

Tartalomjegyzék

Absztrakt	3
1. Irodalmi összefoglalás	4
1.1. Vízminőség szabályozás alapja, jogi háttere	4
1.2. A természetes vizek fizikai és kémiai tulajdonságai, vízminőség elemei	5
1.2.1. Fizikai tulajdonságok.....	5
1.2.2. Kémiai tulajdonságok.....	5
1.3. Biológiai vízminőség elemei	6
2. Vizsgált terület bemutatása.....	8
2.1. Gaja-patak és vízgyűjtője	8
2.2. Szennyvízkibocsátások és monitoring pontok.....	10
2.3. Helyszínbejárás	11
2.3.1. Vízminősítési eredmények	13
3. Anyag és módszer	13
3.1. Felhasznált adatok	13
3.2. A terhelések hatásának elemzése.....	14
4. Eredmények értékelése.....	16
4.1. Vízminőségi adatok értékelése	16
4.2. Tisztított szennyvíz bevezetései	20
4.3. Vízminőség javító intézkedések.....	26
Felhasznált irodalom	29

Absztrakt

A TDK dolgozatom keretében a Gaja-patak vízminőségét vizsgáltam. A patak egyrészt azért került érdeklődésem középpontjába, mert lakóhelyemhez közel esik, másrészt nem találtam olyan korábbi tudományos igényű munkát, amely ezzel a patakkal foglalkozik. Dolgozatomhoz a víztestre vonatkozó – a vizsgálathoz szükséges – adatokat a 2015-ös Vízyűjtő-gazdálkodási Tervből gyűjtöttem ki, valamint forrásanyagokat kaptam a tanszéktől és a Fejér Megyei Vízügyi Igazgatóságtól is.

A vízminőségi állapot értékelését és a célkitűzés meghatározását az EU Víz Keretirányelv alapján a fizikai-kémiai és a biológiai minősítési rendszer előírásai szerint végeztem. A terület bemutatását követően különböző szempontok (pl.: területfelhasználás) alapján jellemeztem az érintett vízgyűjtőt. A jellemzéseket a helyszínbemjárásom során készített fényképeimmel egészítettem ki.

A tanszéktől kapott mérési adatsorokat felhasználva két évre (2014 és 2017) készítettem szennyvízkibocsátásból származó pontszerű terhelések hatáselemzését. A diffúz terhelések meghatározását anyagmérleg alapú egyszerűsített lebomlási modellel végeztem, melyben az ismert szennyvízbevezetések hatását, a szennyezők hígulását és az anyagok lebomlását is figyelembe veszem, majd a monitoring pontokon rendelkezésre álló mért koncentrációkból indirekt módon számítom a diffúz terhelést. A módszert a két egymástól független időszakra alkalmazva lehetővé vált a modell paraméterek validálása.

A számítások során kapott eredmények később fejlesztési javaslatok alapjai lehetnek. A dolgozatban alkalmazott módszer hasonló kisvízfolyások vízminőségi állapot javító intézkedéseinek tervezéséhez is alkalmazható.

1. Irodalmi összefoglalás

1.1. Vízminőség szabályozás alapja, jogi háttere

A vízminőség szabályozás alapjául a 2000. december 22-én lépett hatályba az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve, más néven az EU Víz Keretirányelv (VKI). Célja minden olyan tevékenység szabályozása, mely a víz minőségét és mennyiségét, valamint állapotának megőrzését befolyásolhatja. (VKI 2000.)

Nem ez volt azonban az első, vízminőséggel kapcsolatos szabályozás. Az 1848-as londoni kolera járvány után dr. John Snow jött rá, hogy a szennyezett, ívóvízként használt víz megbetegíti az embereket. Ehhez sokáig vizsgálta London különböző negyedeit és épületeit. Elméletét, miszerint a víz útján terjed a betegség akkor sikerült alátámasztania, mikor két egymás melletti épületben az egyikben szinte mindenki áldozata lett a kórnak, a másikban viszont csak egy halálesetet jelentettek. Ennek oka pedig az volt, hogy a két ház két különböző helyről kapta a vizet. Ezek után 1854-ben, mikor a kolera ismét felütötte a fejét, melynek forrása a Broad Street-en álló kút volt. Hiába volt híres a kút a jó minőségű vizéről, miután kiderült, hogy a járváynak ez a gócpontja, a kutat lezárták, a vizét tilos volt használni. (Somlyódy L. 2018)

Az irányelv több célt is meghatároz, melyek együttesen a vízi élő és élettelen világ védelmét szolgálja. A VKI célja hozzájárulni a vízbe kerülő veszélyes anyagok mennyiségének szabályozásához, valamint a vízi környezet állapotának fenntartása és javítása, melynek a mennyiségi szabályozás is szerves része, ugyanis ez is jelentős befolyással bír a minőségre, ezért ki kell dolgozni az erre való megfelelő intézkedéseket is. A végső cél a jó minőségi állapot elérése mind a felszíni, mind a felszín alatti vizeknél. Amennyiben ez irreális költségekkel járna, vagy valamilyen környezeti vagy emberi hatás miatt nem megvalósítható a VKI ebben az esetben is kötelez minden lehetséges intézkedés és lépés megtételére. (VKI 2000., Somlyódy L. 2011., 220/2004. Korm.rend)

Alapvetően a vízminőség meghatározására két mód lehetséges. Megállapíthatjuk az állapotot antropocentrikus és ököcentrikus szemlélet alapján is. Az elsónél a fő hangsúly azon van, hogy emberi felhasználás céljából (pl.: ivás, fürdés, főzés...) alkalmas minőséget ér-e el a víz. Utóbbinál azonban a víz, mint élőhely kerül a középpontba. Ezt a vonalat követi a VKI is, az értékelésekhez az ököcentrikus szemléletmód van használva. Minden esetben a referencia a víz zavartalan állapota, melyben a komponensek koncentrációja megfelel a határértéknek. (Somlyódy L. 2018)

1.2. A természetes vizek fizikai és kémiai tulajdonságai, vízminősítés elemei

1.2.1. Fizikai tulajdonságok

A vizek fizikai és kémiai tulajdonságainak ismerete rendkívül fontos, hiszen ezek között a tulajdonságok és a vízi élővilág között kölcsönös kapcsolat áll fenn. A legfontosabb fizikai tulajdonságok a vízmozgás, a víz hőmérséklete és a fényviszony, hiszen ezek mind a jellemzés, mind az élőlények szempontjából fontosok. Az általános ismertetést a folyóvizekre vonatkozó információk alapján készítettem el.

A hőmérséklet a vízi élővilág miatt lényeges. Vannak nagy tűrésű fajok és szűk tűrésűek is, amik erősen befolyásolva vannak a hőmérséklet miatt. Nem megfelelő körülmények között kipusztulhatnak vagy állatok esetében elvándorolhatnak a területről. Amiatt is meg kell említeni a hőmérsékletet, mivel a víz rétegzettsége miatt a mélyebb rétegek csak extrém hideg vagy alacsony vízállás esetén fagyhat be. Mivel a sűrűsége 4°C-on a legnagyobb, így az alsóbb rétegekben az élőlények át tudnak telelni.

A fényviszonyok kérdése amiatt fontos, mert a legtöbb szerves tápanyag előállítása fotoszintézis során történik, aminek elemi része a fény. Mélyebb vizek esetében rétegzettség alakul ki. Lesz egy felső réteg, amit a napsugarak jól át tudnak világítani (itt folyik a fotoszintézis), valamint egy alsó réteg, ahol a napsugaraknak már nincs jelentőségük (itt javarészt lebontó folyamatok zajlanak). Természetesen a fényviszonyok a vízmélységen kívül még a napszakoktól és természetesen az évszakoktól is függenek. A fényellátottság befolyásolja a vizek átlátszóságát.

1.2.2. Kémiai tulajdonságok

Köztudott, a vizek egy jelentős kémiai jellemzője, hogy jó és sokféleképp használható oldószer. Fontos elmondani azt is, hogy a víz bármilyen változtatás nélkül képes savként és bázisként is viselkedni. Amikor a víz kémiai minőségéről beszélünk az oldott sók, oldott gázok és a szervesanyagok jelenlétére kell gondolnunk első sorban.

A kémiai jelleget első sorban az oldott sók, az úgynevezett makroionok (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻) határozzák meg. A komponensek mennyiségei meglehetősen változóak, ezért a vizek jellemzésére ezeknek az egymáshoz viszonyított arányát használják. Ezeket a mennyiségeket egyenérték-százalékban adják meg. Ami meghaladja a 30 egyenérték-százalékot, azt az elemet uralkodó kationnak és/vagy anionnak nevezik. Ezeken az elemek kívül más makro- és mikroelemek is megtalálhatók a vizekben, melyek a normális

életműködéshez elengedhetetlenek. Számos szerves anyag vizsgálatára nincs kidolgozott módszer, ezeket csoportosan vizsgálják. Ilyen anyag többek közt a kémiai és a biológiai oxigénigény is. Ezek, a vizeinkben fellelhető elemek hatással vannak a vezetőképességre (főleg a sók) és a pH-ra is.

A legjelentősebb gázok közé tartozik az oxigén, a széndioxid, a kénhidrogén és az ammónia, melyek részben fizikailag, részben pedig kémiailag oldott állapotban vannak jelen. Míg első kettő természetes alkotóként található meg, utóbbi kettő jelenléte szennyezésre utal. Az oxigén és a széndioxid szoros kapcsolatban áll egymással. Míg az oxigén a fotoszintézis terméke, addig a széndioxid alapanyaga ennek a folyamatnak. Pont fordítva is megfigyelhető a kapcsolat a két anyag között, hiszen az élőlények légzéséből kifolyólag előbbi szintje/koncentrációja csökkeni fog, míg utóbbié nőni.

Habár az ammónia vízben igen jól oldódik, oldódását befolyásolja a pH, így a folyamat nem tisztán fizikai. Forrása igen változatos, bakteriális úton, szennyvízzel, de akár még a csapadékkal is bejuthat a természetes vizeinkbe. Szabad formájában az élővilágra igen toxikus hatással van, ammónium ion formájában azonban koncentrációtól függetlenül nincs mérgező hatása. Koncentrációja nitrifikáló baktériumok (nitráttá oxidálja) és fitoplanktonok (nitrogén felvétele) munkája során csökken. A kénhidrogén is bakteriális folyamatok eredményeként kerül a vízbe. Az ammóniához hasonlóan erősen toxikus, viszont az élőlények érzékenysége eltérő. Mivel oxigénnel érintkezve elemi kéné oxidálódik, ezért anaerob körülmények közt található meg. (Dévai Gy. 1998.)

1.3. Biológiai vízminősítés elemei

Felföldy Lajos által kidolgozott rendszerben a biológiai vízminősítési rendszer négy csoportot szerepeltet. Ezek a halobitás, a trofitás, a toxicitás és a szaprobitás. A négy csoport szorosasan összefügg egymással, hiszen ezek együtt adják meg a víz biológiai minőségét.

A halobitás mértéke jól megbecsülhető a víz vezetőképességével, de ezen kívül az összes vízben lévő ion és a nyolc makroion arányával is megadható. Elsősorban az élettelen környezet adottsága írható le vele, az élővilág csak kis mértékben módosíthat. 10 szintet állapítottak meg, aminek a számozása 0-9 tart. A legalacsonyabb szint esetében az ionok koncentrációja 0, a vezetőképessége pedig kisebb, mint 10-6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A 9. szint esetében az ionok koncentrációja meghaladja a 4000 mg/l-t, míg a vezetőképesség a 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -t.

A trofitás egy igazán összetett fogalom. Ez alatt értjük a szerves növényi tápanyagok, a fotoautoróf élőlények minőségét, mennyiségét és változásait, valamint az élőlények

anyagcsere folyamatait, melyek befolyással vannak a vízminőségre. Tehát a trofitás azoknak az adottságoknak a gyűjtőfogalma, amik a szerves anyagból szerves anyag létrehozásakor befolyásolja a vízminőséget. A halobitáshoz hasonlóan itt is 10 szint különíthető el. A besorolásnál az összes algaszámot (106/l), az a-klorofill koncentrációt (mg/m^3) és az elsődleges széntermelést ($\text{mgC}/\text{m}^2/\text{nap}$, $\text{gC}/\text{m}^2/\text{év}$) nézik.

A toxicitás azt jelenti mennyire mérgező a víz. Mértéke a vízben fellelhető különböző toxikus hatású anyagok, elemek mennyiségétől függ. A vízi élőlények különbözőképp reagálnak a mérgezésekre, van közülük olyan, aminek már egy kis koncentráció is halálos dózist jelent. A toxicitást különböző tesztekkel vizsgálják, eredményük alapján pedig öt kategóriában (nem mérgező, gyengén mérgező, közepesen mérgező, erősen mérgező, igen erősen mérgező) összesen 10 fokozaton jellemzik a víz minőségét.

A szaprobitás ellentétes a trofitással. Míg előbbinél a szerves anyagból való változások voltak hatással a vízminőségre, ebben az esetben a szervesanyag bontó képesség, vagyis a szerves anyagok szerveslenné való alakítása során jelentkező adottságok és jelenségek vannak hatással a víz minőségére. Meghatározása során mérik többek közt a biológiai és a kémiai oxigénigényt is. (Csizmarik G. 2011.)

Nem mehetünk el szó nélkül az élőlény alapú minősítés mellett, ami ugyanolyan fontos az osztályozás során, mint a Felföldy által használt kémiai szempont. Napjainkban, ha biológiai minősítésről beszélünk, első sorban a tavakban és folyóvizekben megtalálható élőlények vizsgálatára kell gondolnunk. A vízminőség meghatározása során bakterioplanktonok, fitoplanktonok, előbevonat- algák, magasabb rendű vízinövények, zooplanktonok, makroszkopikus vízi gerinctelenek és halak jelenlétét és mennyiségét kell elemezni.

Minden egyes élőlény csoport különböző vizsgálati módszereket igényelnek, ennek ellenére mindegyikben közös, hogy indikátorok, vagyis karakter fajok meglétének vagy hiányának meghatározása fontos lépése a méréseknek. Ezek az élőlények azért fontosok, mert rendkívül érzékenyen reagálnak a környezetük változására, ezért jól mutatják azokat a hatásokat, amik a víz minőségének változását eredményezik. Természetesen nem elég, ha sikerül ezeket az indikátorokat felkutatnunk. A mérések során vizsgálni kell a biomasszát, a fajok gyakoriságát, az adott helyre jellemző faji összetételt, valamint a diverzitás számítása is fontos és sok esetben a halak korösszetétele is jelentős információkkal bírhat.

Habár a fizikai-kémiai elemeken alapuló minősítés sem elhanyagolható, bizonyos szempontokból a biológiai minősítés sokkal hasznosabb tud lenni. A vízminta vétel során

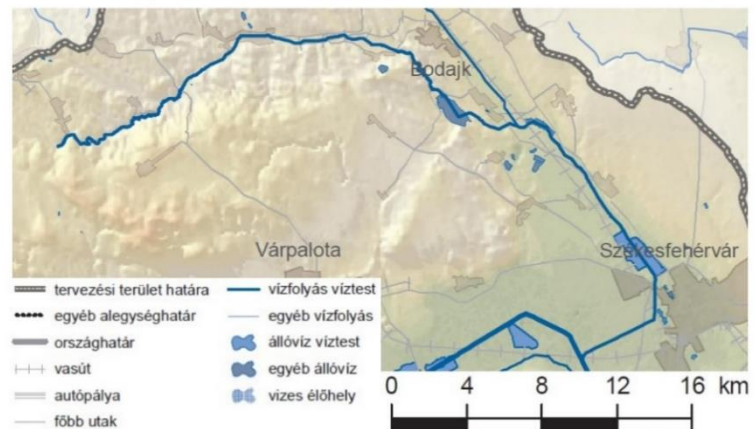
fizikai és kémiai szempontból elemezve csak az adott pillanat vízminőségét tudjuk meghatározni. Ezzel szembe a biológiai minősítés sokkal nagyobb időtartamot le tud fedni, hiszen a természet mondhatni emlékszik. Természetesen nem napra pontosan lehet adatokat kinyerni a vizsgálatok során, a léptéke nagyjából a jellemző fajok élettartamával mérhető. Mint mindennek, ennek a módszernek is megvannak a hátrányai. Hiába érzékenyebb a biológia, mint a kémia, a terhelés megszűnésére késleltetve reagál csak a regenerálódás miatt, valamint nem mindig lehet meghatározni azokat a hatásokat, amik a víz állapotának romlását idézték elő.

A biológiai alapokon nyugvó minősítés fontossága egy idős a városi szennyvízcsatornák kialakításával. 1902-ben Kolkwitz és Marsson mutatták meg, hogy a folyókba bevezetett szennyvíz hatással van az élővilágra. (Somlyódy L. 2018)

2. Vizsgált terület bemutatása

2.1. Gaja-patak és vízgyűjtője

A Gaja-patak (1.ábra) a Keleti-Bakonyban helyezkedik el, a Veszprém megyei Nagyesztergár mellett ered és mellett a Sárvízbe folyik, ami Sióagárdnál ömlik a Sióba. A teljes hossza nagyjából 55 km, területileg a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatósághoz tartozik.



1. ábra Gaja-patak elhelyezkedése

A Bakony, a Vértes és a Móri-medence vizeit gyűjti össze, emiatt több kisebb nagyobb vízfolyás is táplálja. A Malmi-patak Jásdnál, a Szápári-ér, a Sári-patak és a Fekete-berki vízfolyás Bakonycsernyénél, a Velegi-vízfolyás Balinka mellett, míg a Móri-víz, ami a legjelentősebb mellékvízfolyása, Fehérvárcsurgó alatt torkollik a Gajába. Emellett több helyen is tisztított szennyvíz bevezetése történik a patakba.

A Séd-Nádor-Gaja vízrendszer tagja. Fehérvárcsurgónál 1972-ben tározót építettek az árhullámcsúcs csökkentése és a szárazabb időszakokban a szükséges vízmennyiség pótlása érdekében. A tavat a Séd-Nádor-Gaja vízrendszer rehabilitációjának keretében fejlesztették 2017 és 2020 között, a patak viszont korábbi formájában és medrében folyik továbbra is. Ívóvíz

célú vízkiemelés a patakából nincs, de technológia pótvízként kisebb mennyiségben használják, de csak az engedélyezett éves mennyiség tized részét emelik ki.

Hidromorfológiai tekintetben szintén a három részre való tagoltság alapján lehet hiteles leírást készíteni. A felső szakasz természetes állapotú, semmilyen módosítást nem hajtottak végre rajta. Ez azonban a másik két szakasról nem mondható el. A fehérvárcsurgói tározóból kifolyólag a középső szakasz már a módosított kategóriába tartozik, azonban nem ez az első tó, amit a víz útja során elér. Kicsit feljebb tőle található a Gaja-völgyi Tájcentrumban is egy, ez horgásztó funkciót lát el. Az alsó szakasz is mesterségesnek mondható, hiszen a vízjárást a víztározó, halastavak és Székesfehérvár bevezetett szennyvize is befolyásolja. Habár Bakonycsernyétől állandó vízfolyásnak tekintjük a patakot, mind a három szakaszra elmondható hidromorfológiai állapotától függetlenül, hogy a téli időszakban részlegesen vagy teljesen is befagyhat.

A patak szinte teljes hosszán diffúz nitrogén és foszfor szennyezés mérhető. A nitrogén főleg azokon a területeken jellemző, ahol intenzív állattartás folyik. A védett és Natura 2000 fennhatóság alá eső területeken csekély az ilyen jellegű terhelés mértéke. A foszfor esetében nincs szó ilyen tagoltságról. A Gajától északra eső területeken, valamint onnantól, hogy a délnek fordul keleti felé lévő területeken nagyobb a terhelés, mint a patak alatt közrezárt területen. Ettől függetlenül kisebb nagyobb terheltségű foltok a teljes vízgyűjtőn megtalálhatók.

Területi felhasználás szempontjából, a korábban említett állattartáson és halgazdálkodáson kívül, nagy hányadban erdők és szántóföldek helyezkednek el, de ezenkívül gyümölcsösök, rétek és egyéb mezőgazdasági területek is fekszenek a Gaja mentén, a lakott területeken kívül. A legnagyobb belterülettel Székesfehérvár rendelkezik, a várost azonban a patak kikerülni, csak a szélén folyik el.

Vízgyűjtő területe igen kiterjedt. A felső szakaszhoz tartozó vízgyűjtő területet délen a Veszprémi-Séd és a Nádor-csatorna, keleten a Gaja-patak középső szakasz, északon és nyugaton a Cuhai-Bakony-ér vízgyűjtője határolja. A térség talaját alkotó kőzetek a löszös üledék, mészkőből és dolomit, míg a talajtípus a csernozjom-barna erdőtalaj és a rendzina talaj kategóriába tartozik. Habár javarészt mezőgazdasági művelés alatt álló területek érintettek ebben a vízgyűjtőben több település is érintett (Bakonycsernye, Bakonynána, Csetény, Dudar, Isztimér, Jásd, Nagyesztergár, Olaszfalu és Tés).

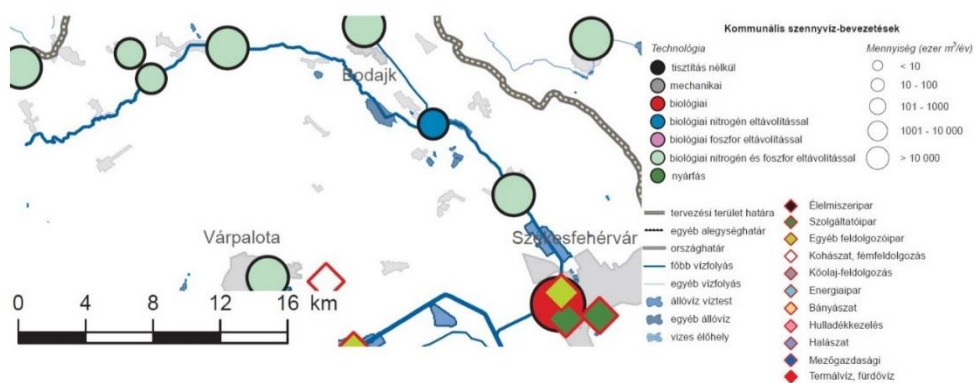
A középső szakasz hasonlóképp jelentős vízgyűjtővel rendelkezik, hiszen Ácsteszer, Aka, Bakonycsernye, Bakonykúti, Balinka, Bodajk, Csátka, Csetény, Fehérvárcsurgó, Isztimér,

Jásd, Kincsesbánya, Mór, Nagyveleg, Réde, Súr, Szápár és Tés települések is érintettek. Ezen kívül délről a Nádor-csatorna felső szakasza, délkeleten a Gaja-patak alsó szakasza, keleten és északkeleten a Mór-Bodajki-vízfolyás, északon a Concó-patak, nyugaton a Cuhai-Bakony-ér, délnyugaton pedig a Gaja-patak felső szakaszának vízgyűjtője jelenti a határt. A talajt alkotó kőzetek és a talajtípus azonban jelentősen eltér a felső szakaszon megtalálhatóétól. A középső szakaszon ugyanúgy megtalálható a löszös üledék, a mészkő és a dolomit is, de harmadkori és még idősebb kőzetek is elhelyezkednek. A talajtípust tekintve a rendzina talaj erre a térségre is jellemző, azonban az agyagbemosódásos barna erdőtalaj és a réti öntéstalaj is jellemző.

Az alsó szakaszhoz tartozó vízgyűjtőt délen és nyugaton a Nádor-csatorna felső szakasza, délkeleten a Dinnyés-Kajtori-csatorna, keleten a Császár-víz, északon a Burján-árok, északnyugaton a Gaja-patak középső szakaszának vízgyűjtő területe határolja. A talajt alkotó kőzeteket tekintve a már korábban is említett löszös üledéken, mészkövön és dolomiton kívül glaciális és alluviális üledéket találni még a területen. A talajtípusok közül itt a csernozjom-barna erdőtalaj, a Ramman-féle barna erdőtalaj, az alföldi mészlepedékes csernozjom és a mészlepedékes csernozjom található meg. Az érintett települések közé pedig Csákberény, Csókakő, Fehérvárcsurgó, Iszkaszentgyörgy, Isztimér, Kincsesbánya, Magyaralmás, Moha, Sárkeresztes, Söréd, Szabadbattyán, Székesfehérvár, Zámoly tartozik. (OVF 2015., Fejér Megyei Vízügyi Igazgatóság)

2.2. Szennyvízkibocsátások és monitoring pontok

A patak területén több szennyvíztisztító telep (2.ábra) épült, melyek a tisztított szennyvizet élővíz befogadóba juttatják. Ez javarészt közvetlen a Gajába való beleengedést jelenti, de más vízfolyásokon keresztül is jut bele tisztított szennyvíz. Ilyen például a Jancsár-vízfolyás, ami Székesfehérvár (regionális tisztító) tisztított szennyvizét vezeti el és a város határában torkollik a patakba.



2. ábra Szennyvízkibocsátások

A Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT) a szennyezések elemzéséhez három részre osztja a területet (Gaja-patak felső, Gaja-patak középső, Gaja-patak alsó). A patak hosszán három mérési pont található. A felső szakasz monitoring pontja Bakonyánán, a középső szakaszé Bodajk és Balinka térségében, míg az alsó szakasznak Sárszentmihálynál van. Az alsó szakasz vizét csak horgászati célokra hasznosítják, míg a felső és középső szakaszon öntözésre is történik vízkivétel.

Mivel a patak sok helyen közvetlen a lakóházak és kertek alatt folyik el, valamint több helyen is mezőgazdasági művelés alatt álló földdel határos, ezért a szennyvízből eredő szennyezéseken kívül ezeket a területeket és szennyező forrásokat is figyelembe kell venni. A megfelelő terménymennyiség érdekében a földeken műtrágyázás és permetezés is folyik, a családi házaknál több helyen házi állatot tartanak. Ezekről a területekről akaratlanul is szennyezést juttathatunk a patakba, mivel könnyen belemosódhatnak az anyagok az esővízzel és a talajvízzel.

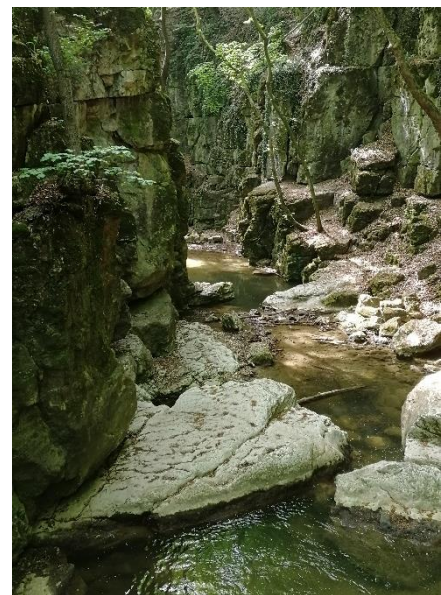
A halgazdálkodás és a víz mennyiségi gazdálkodására kialakított duzzasztások is befolyásolják a víz minőségét. A lassabb vízsebesség miatt az üledék jobban le tud ülepedni, ami jelentősen megnövelheti a vízszakasz tápanyagtartalmát, ez akár eutrofizációhoz is vezethet. A mederben jobban meg tudnak ülni a szennyeződések is, ami miatt mederkotrás után rosszabb vízminőség várható. (OVF 2015)

Az alsó szakaszon levezetett víz mennyisége nagyrészt szabályozott. A szabályozásához a Fehérvárcsurgói víztározó vizét használják, amivel biztosítják, hogy az alsó szakasz sose száradjon ki, valamint így védik a településeket az árhullámoktól.

2.3. Helyszínbejárás

A helyszínbejárást a nyáron a forrástól indulva Székesfehérvárig végeztem.

A felső szurdokos részen a többi szakaszhoz képest sekélyebb és keskenyebb is a meder, valamint a medrekben fellelhető víz mennyisége is. Néhány szakaszon a patak magas sziklaszirtek között fut, és helyenként akár méteres magasságokból csobog alá. A medre kavicsos, de nagyobb kövek is megtalálhatók benne. A víz útját a fákról lehullott és a saját maga által szállított ágak és levelek akadályozzák.



3. ábra Gaja a Római fürdőnél

Bakonynána mellett a Római-fürdő nevű szakasz közkedvelt kirándulóhely (3.ábra).

A Fehérvárcsurgói víztározóba való befolyásáig a patak kifejezetten népszerű a kirándulók körében. Ezt bizonyítja az is, hogy számos túraútvonal érinti hosszabb-rövidebb szakaszokon a patak folyását. A patak keresztül szalad a Gaja-völgyi tájcentrumon. Ezen a területen még mielőtt a víztározót elérné a Pisztrángos-tóban gyűlik össze a vize, innen indul rövid útjára a tározóba. A patak medre ezen a szakaszon már szélesebb, mint feljebb, de a benne levő víz mennyisége erősen függ az időjárástól. A nyári hosszú aszályos időszakban szinte teljesen is eltűnhet.

A víztározó (4.ábra) idén befejezett bővítésének következtében az alsó felén és a Fehérvárcsurgó felőli oldalon árvízvédelmi védelem lett kialakítva, valamint a közkedvelt horgász helyek környékén a tavat körülölelő utakat is rendbe tették. A munkálatok alatt a tó vízszintje rendkívül alacsony volt, amit a nagyobb méretű halak nem tudtak tolerálni, ezért sokszor és sok haltem volt a tó szélén. Ez a jelenség a normál vízszint visszatöltésével eltűnt.



4. ábra Fehérvárcsurgói víztározó

Innen indulva Székesfehérvár eléréséig a patak kikanyarog a 81-es főút közelébe és több halastavat is ellát vizével. A nyár folyamán többször is öntözték a körülötte lévő szántóföldeket, amihez feltehetőleg a Gaja vizét használták, mivel ezen a szakaszon csak öntözés célú vízkivétel van. Természetesen ez csak feltételezés, nem

találtam információt arról, hogy az öntözéshez használt víz honnan származik. Ezen a Fehérvárral bezáródó szakaszon több helyen is rendszeresen horgásznak emberek. Ilyen például Fehérvárcsurgó határában a szennyvízbevezetések előtti rövid szakasz, valamint Moha és Sárkeresztes között és Székesfehérvár a Hármashídtól egészen a Jancsár-árok bevezetéséig.

A víztározót követő részeken a patak medre széles keresztmetszetben fut végig, valamint a kavicsos mederfeneket, ha nem is váltja fel, de mindenképp eltakarja a vízínövények sokasága. Ezen kívül még erre a részre jellemző, egészen a Nádor-csatornába való torkolásig, hogy a vízmennyiség szabályozott, ezért a nyári időszakban sem tapasztaltam olyan alacsony vízszintet, mint a felsőbb részeken.

2.3.1. Vízminősítési eredmények

A 2015-ös VGT adatai alapján a felső és a középső szakasz természetes kategóriájú víztest, az alsó szakasz pedig erősen módosított, melynek oka a Fehérvár-surgónál lévő víztározó. A vízminőségre vonatkozó értékeléseket szintén innen származó adatok alapján az alábbi 1. táblázat tartalmazza.

Víztest neve	Biológiai elemek szerinti állapot	Fizikai-kémiai elemek szerinti állapot	Specifikus szennyezők szerinti állapot	Hidromorfológiai elemek szerinti állapot	Ökológiai minősítés	Kémiai állapot
Gaja-patak felső	gyenge	jó	jó	jó	gyenge	jó
Gaja-patak középső	mérsékelt	mérsékelt	jó	mérsékelt	mérsékelt	jó
Gaja-patak alsó	gyenge	gyenge	jó	rossz	gyenge	jó

1. táblázat A patak részeinek VGT szerinti besorolása

Mint azt a táblázat mutatja, csak a kémiai állapot és a specifikus szennyezők szerinti állapot kapott jó minősítést a teljes hossza vonatkozóan. Kémiai állapotra való célkitűzésként szerepel a jövőben a jó állapot fenntartása továbbra is. Habár a felső szakasz fizikai-kémiai és hidromorfológiai állapota is jó, az ökológiai és a biológiai minősítés is gyenge, mint az alsó szakaszon, ami a patak részeit tekintve a legrosszabb állapotban van. A középső szakasz javarészt mérsékelt minősítést kapott.

A kémiai állapot mellett az ökológiai minősítésre vannak általános célkitűzés, mely szerint a patak teljes hosszán a jó állapot elérendő, aminek 2027 utánra kell megvalósulnia. Az intézkedések között szerepel többek közt például szennyvíztisztító telepek létesítése és korszerűsítése, valamint a vízminőség feltárása is ilyen eszköz lehet.

Biológiai minősítés során a patak teljes hosszában makrozoobesztoszok jelenlétét vizsgálják, valamint az alsó szakaszon a halakat is figyelik, mivel ezek az élőlények a jelentős hidromorfológiai változást jelzik. Bár a VKI több elemet is szerepel, de a VGT-ben nem végeztek mindegyikre méréseket.

3. Anyag és módszer

3.1. Felhasznált adatok

2014 és 2017 mérési eredményeit elemeztem. A mért koncentrációkra vonatkozó adatok az országos monitoring rendszer (FEVISZ) központi adatbázisból származnak. A

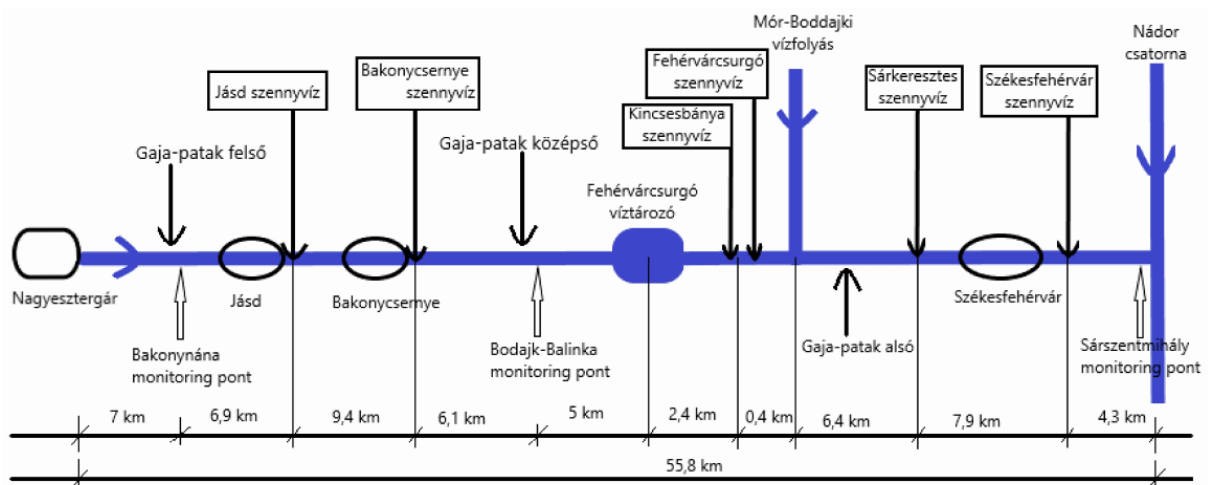
szennyvízkibocsátásokra éves terhelés adatokat használtam, ezek forrása az OVF TESZIR adatbázisa. A mérési helyszínek Bakonynána, Balinka-Bodajk és Sárszentmihály volt. A két év egy-egy mérését leszámítva vizsgált elemenként 12 mérés készült az adott naptári évben. Ezeknek a kategorizálását a tanszéktől kapott határértékek alapján elemeztem.

A székesfehérvári szennyvíz önellenőrzési pontjáról kaptam adatsorokat a Fejérvíz Zrt-től is. Ezeket azonban a számolások során nem használtam, mivel ezek az értékek a központi adatoktól csupán tizedesekben tértek el.

3.2. A terhelések hatásának elemzése

Számításom célja a diffúz és a szennyvíz eredetű terhelések részarányának meghatározása volt, annak érdekében, hogy a patak vízminőségének javításához szükséges intézkedésekre javaslatot tudjak tenni. A diffúz terhelések meghatározását anyagmérleg alapú egyszerűsített lebomlási modellel végeztem, melyben az ismert szennyvízbevezetések hatását, a szennyezők hígulását és az anyagok lebomlását is figyelembe veszem, majd a monitoring pontokon rendelkezésre álló mért koncentrációkból indirekt módon számítom a diffúz terhelést.

A vízfolyást a monitoring pontok és az ismert szennyvíz bevezetések szerint szakaszoltam az 5. ábrán bemutatott vázlat szerint. A 2. táblázatban megadom a távolságokat és a szakaszok számításánál figyelembe vett víz hozamát. A táblázat adatai 2014. mérési eredményei.



5. ábra Gaja hossz-szelvénye

Monitoring pontok és szennyvíz bevezetések	Szennyvíz bevezetés helye	Bevezetett szennyvíz [m ³ /év]	Vízhozam [m ³ /nap]	Távolság [km]	Megtett távolság [km]
Bakonynána			12 282	7	7
Gaja patak (42.620 fkm)	Jásd	51,0	12 333	10,4	17,4
Gaja patak [39.900 fkm]	Tés	70,4	12 403,4	3,4	20,8
Gaja patak [34.460 fkm]	Bakonycsernye	542,4	12 945,8	6	26,8
Bodajk- Balinka			75 433	6,1	32,9
Gaja patak [18.823 fkm]	Fehérvárcsurgó	300,00	75 733	7,4	40,3
Gaja patak [18.823 fkm]	Kincsesbánya	289,3	76 022,3	0	40,3
Gaja patak [11.739 fkm]	Sárkeresztes	596,8	76 619,1	6,8	47,1
Jancsár-árok [0.350 fkm]	Székesfehérvár	24 345	158 599	7,9	55
Sárszentmihály			158 599	4,26	59,26

2. táblázat Monitoring pontok és szennyvízbevezetések helyei, bevezetett mennyiségek 2014

A hossz-szelvény és a patak között eltérés, hogy a rajzon nem szerepel Tés, viszont a táblázatban helyet kap. Ennek oka, hogy a térképállományokon nem találtam információt a tisztított szennyvíz bevezetésének pontos helyére. A hossz-szelvényen a távolságok a bevezetési pontokhoz a táblázatban megadott fkm értékek alapján határoztam meg, ahol nem szerepel ilyen, ott pedig térképek segítségével mértem meg a távokat. A szennyvíz hozamára vonatkozó adatokat koncentráció, míg a távolságokat lebomlási tényezővel módosított koncentráció kiszámolásához használtam fel.

A számítás alapja a koncentráció változását leíró egy dimenziós lebomlási egyenlet, melynek analitikus megoldását a fenti szakaszokra alkalmaztam, a pontok közt számított levonulási időt figyelembe véve. $C(t) = C_0 * e^{-k * \frac{x}{v}}$, ahol k (1/nap) a lebomlási tényező. A kezdeti érték kiszámítása a bevezetési pontok alatt, teljes elkeveredést feltételezve $C_0 = \frac{Q_h * C_h + Q_{szv} * C_{szv}}{Q_h + Q_{szv}}$ egyenlettel számoltam.

A lebomlási tényezővel (k) való korrigálás azért szükséges, mert így tudjuk leginkább figyelembe venni a természetben lejátszódó mikrobiológiai folyamatokat. A számolások során a konzulensem javaslatára k=0,1 értékkel számoltam.

A v sebesség meghatározásához (a levonulási időt befolyásolja a fehérvárcsurgói víztározó, ezt azonban a számolások során nem vettem figyelembe) a szennyvízhozamokat, és a pataknak az áramlásra merőleges felületének méretet használtam fel. Utóbbi nem egyenletes

a teljes hosszon, Bakonynána, Bakonycsernye és Fehérvárcsurgó pontoknál számoltam ki őket, mert itt vannak a patak szakaszolásának határai. A számolások eredményét vizsgált komponens (BOI₅, KOI, ÖP, ÖN) és évek szerint diagram a 4.2.-es fejezetben ismertetem. Sárszentmihály monitoring pontot a torkolatnak feleltettem meg, így a Székesfehérvár után kiszámolt lebomlási tényezővel korrigált értéket a Nádor-csatornába befolyó mennyiségnek tekintem.

A fenti egyenletet úgy alkalmaztam, hogy a koncentráció kiszámításához csak a szennyvíz eredetű terheléseket vettem figyelembe, a felső ponton a háttér koncentrációt nullának vettem, a lejjebbi pontokon az előző szakasz végén a lebomlással korrigált szennyvíz eredetű koncentráció adja a háttér értékét. A diffúz terhelésből származó mennyiség indirekt módon áll elő, a monitoring mért értékből a szennyvíz eredetű levonásával.

Ezek után a diffúz eredetű és szennyvíz eredetű terhelések arányát határoztam meg. Bakonynánánál tisztított szennyvíz hiányában a mért jelen esetben BOI₅ koncentráció diffúz eredetű, tehát 100-nak tekintem. A következő két pontnál a bevezetett szennyvíz eredetű szennyezés az előző bevezetési pontok lebomlási tényezővel módosított mennyiségei. A diffúz terhelés megállapításához a mért koncentrációból levontam a szennyvíz eredetűt, így a számolás eredménye egy az egyben megfeleltethető a diffúz szennyezésnek. A diffúz és szennyvíz eredetű koncentrációkat a 4.2.-es fejezetben vizsgált komponens és év szerinti bontásban, diagram formájában ismertetem.

4. Eredmények értékelése

4.1. Vízminőségi adatok értékelése

Az elemzés során először év és helyszín alapján szétválogattam az adatokat. Az azonos anyagokra végzett mérések eredményeinek értékének minden évre kiszámoltam az átlagát, és ez alapján egy a határértékeket tartalmazó táblázat alapján meghatároztam, hogy melyik minősítési kategóriába esnek az adott értékek. Mivel a patak három szakasza három különböző minősítésbe tartozik, ezért az elemzést mérési pontokként bontottam szét, és ezeken a pontokon hasonlítom össze a két év méréseinek átlageredményeit.

A Bakonynánánál a felső szakaszra mért éves átlag szerinti minősítéseket elemeztem elsőként. Az adatokból kiolvasható, hogy 2014-ben az ásványi nitrogén és a vezetőképesség értékei csak a mérsékelt kategóriába estek, míg 2017-ben az ásványi nitrogén kívül az ortofoszfátok, mint vizsgált csoport kapott mérsékelt értékelést. A víztest 2014-ben 6 db kiváló

és 5 db jó értékelést kapott. Az minősítések aránya 2017-ben nem változott, a különbség csak az értékelések anyagok közti eloszlásában van. (3.táblázat)

Víztest jele	Mérés helye	Mérés éve	Mérés neve	Éves átlag	Mértékegység	Minősítés
2S	Bakonynána	2014	ph (labor mérés)	8,30	-	Kiváló
			Ammónia-ammónium-nitrogén	0,05	mg/l	Kiváló
			Ortofoszfát	67,0	mg/m ³	Jó
			Összes foszfor	130,1	mg/m ³	Jó
			Ásványi nitrogén	3,85	mg/l	Mérsékelt
			Oxigénfogyasztás (KOId) eredeti	11,7	mg/l	Kiváló
			Összes nitrogén	4,36	mg/l	Jó
			Klorid	21,17	mg/l	Kiváló
			Szerves szén összesen (TOC)	9,40	mg/l	Jó
			Oxigén (oldott)	10,20	mg/l	Kiváló
			Biokémiai oxigénigény (BOI ₅)	2,18	mg/l	Kiváló
			Vezetőképesség	709,2	μS/cm	Mérsékelt
Oldott oxigén (%)	89,8	%	Jó			
Víztest jele	Mérés helye	Mérés éve	Mérés neve	Éves átlag	Mértékegység	Minősítés
2S	Bakonynána	2017	ph (labor mérés)	8,25	-	Kiváló
			Ammónia-ammónium-nitrogén	0,06	mg/l	Kiváló
			Ortofoszfát	150,0	mg/m ³	Mérsékelt
			Összes foszfor	182,8	mg/m ³	Jó
			Ásványi nitrogén	3,80	mg/l	Mérsékelt
			Oxigénfogyasztás (KOId) eredeti	11,25	mg/l	Kiváló
			Összes nitrogén	4,28	mg/l	Jó
			Klorid	20,75	mg/l	Kiváló
			Szerves szén összesen (TOC)	5,63	mg/l	Kiváló
			Oxigén (oldott)	10,23	mg/l	Kiváló
			Biokémiai oxigénigény (BOI ₅)	3,20	mg/l	Jó
			Vezetőképesség	686,7	μS/cm	Jó
Oldott oxigén (%)	84,0	%	Jó			

3. táblázat Bakonynána monitoring pontnál vízminőség értékelése

Következő lépésként a Bodajk és Balinka térségében elhelyezkedő, a középső szakaszra vonatkozó mérési pont eredményeit vizsgáltam meg. 2014-ben az ortofoszfátra végzett mérések

eredményei a gyenge kategóriába estek, 2017-ben pedig ezen kívül már az összes foszfort is ide kellett sorolni. 7db vizsgált csoport kapott minősítést, 4 db kiváló minősítést és csupán egy csoport esett a mérsékelt kategóriába. 2017-ben már 2 db mérsékelt, 4 db jó és 5 db kiváló minősítést kapott a víztest. (4.táblázat)

Víztest jele	Mérés helye	Mérés éve	Mérés neve	Éves átlag	Mértékegység	Minősítés
3M	Bodajk-Balinka	2014	ph (labor mérés)	8,27	-	Kiváló
			Ammónia-ammónium-nitrogén	0,11	mg/l	Jó
			Ortofoszfát	152,5	mg/m ³	Mérsékelt
			Összes foszfor	352,2	mg/m ³	Gyenge
			Ásványi nitrogén	3,14	mg/l	Jó
			Oxigénfogyasztás (KOId) eredeti	14,92	mg/l	Kiváló
			Összes nitrogén	3,82	mg/l	Jó
			Klorid	27,58	mg/l	Kiváló
			Szerves szén összesen (TOC)	6,40	mg/l	Jó
			Oxigén (oldott)	9,63	mg/l	Kiváló
			Biokémiai oxigénigény (BOI ₅)	3,27	mg/l	Jó
			Vezetőképesség	833,3	μS/cm	Jó
Oldott oxigén (%)	85,9	%	Jó			
Víztest jele	Mérés helye	Mérés éve	Mérés neve	Éves átlag	Mértékegység	Minősítés
3M	Bodajk-Balinka	2017	ph (labor mérés)	8,32	-	Kiváló
			Ammónia-ammónium-nitrogén	0,08	mg/l	Kiváló
			Ortofoszfát	661,9	mg/m ³	Gyenge
			Összes foszfor	560,2	mg/m ³	Gyenge
			Ásványi nitrogén	2,99	mg/l	Jó
			Oxigénfogyasztás (KOId) eredeti	17,47	mg/l	Jó
			Összes nitrogén	5,97	mg/l	Mérsékelt
			Klorid	31,27	mg/l	Kiváló
			Szerves szén összesen (TOC)	10,50	mg/l	Mérsékelt
			Oxigén (oldott)	9,90	mg/l	Kiváló
			Biokémiai oxigénigény (BOI ₅)	3,23	mg/l	Jó
			Vezetőképesség	836,4	μS/cm	Jó
Oldott oxigén (%)	90,9	%	Kiváló			

4. táblázat Bodajk- Balinka monitoring pontnál vízminőség értékelése

Ezután a Sárszentmihályi mérőpont alsó szakaszra vonatkozó eredményeit elemeztem. Mint a 2017-es középső szakaszi méréseknél, az alsó szakaszon is gyenge minősítést kapott 2014-ben a két foszfor kategória. Habár a három évvel későbbi mérésnél az összes foszfor értéke csökkent, nem került jobb kategóriába, az ortofoszfátok értéke pedig olyan magas volt, hogy a rossz tartományba esik. 3 db vizsgált anyag esetén ért el a víztest 2014-ben kiváló minősítést, 2 esetben jó, 5-ben pedig mérsékelt. Szerves szénre (TOC) nem voltak mérési eredmények, így ez a csoport nem kapott értékelést. Ehhez képest 2017-ben, habár továbbra is csak 3 db kiváló minősítést ért el, 5 db jó és csak 3 db mérsékelt eredmény született. Összességében nézve a patak felső szakasza kapta a legjobb minősítéseket fizikai-kémiai szempontok alapján és az alsó szakasz lett a legrosszabb. (5.táblázat)

Víztest jele	Mérés helye	Mérés éve	Mérés neve	Éves átlag	Mértékegység	Minősítés
5M	Sárszentmihály	2014	ph (labor mérés)	8,23	-	Kiváló
			Ammónia-ammónium-nitrogén	0,48	mg/l	Mérsékelt
			Ortofoszfát	494,0	mg/m ³	Gyenge
			Összes foszfor	910,0	mg/m ³	Gyenge
			Ásványi nitrogén	4,43	mg/l	Mérsékelt
			Oxigénfogyasztás (KOId) eredeti	21,00	mg/l	Jó
			Összes nitrogén	5,15	mg/l	Mérsékelt
			Klorid	62,50	mg/l	Mérsékelt
			Szerves szén összesen (TOC)	-	mg/l	-
			Oxigén (oldott)	11,45	mg/l	Kiváló
			Biokémiai oxigénigény (BOI ₅)	5,35	mg/l	Mérsékelt
			Vezetőképesség	980,0	μS/cm	Jó
			Oldott oxigén (%)	88,5	%	Kiváló

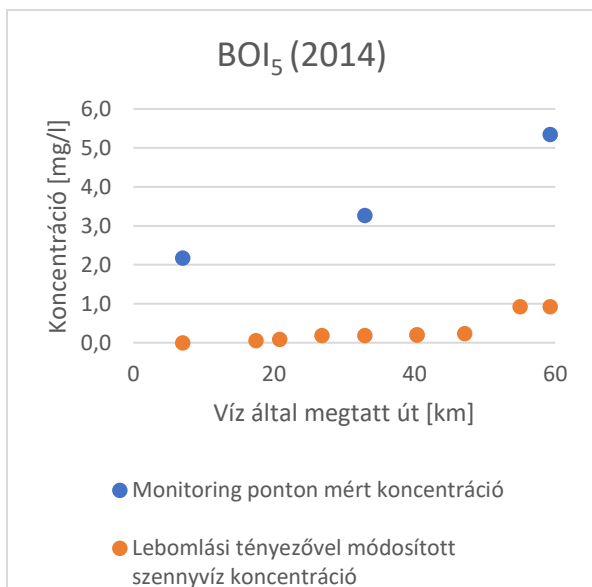
Víztest jele	Mérés helye	Mérés éve	Mérés neve	Éves átlag	Mértékegység	Minősítés
5M	Sárszentmihály	2017	ph (labor mérés)	8,17	-	Kiváló
			Ammónia-ammónium-nitrogén	0,38	mg/l	Jó
			Ortofoszfát	1222,8	mg/m ³	Rossz
			Összes foszfor	604,2	mg/m ³	Gyenge
			Ásványi nitrogén	3,71	mg/l	Mérsékelt
			Oxigénfogyasztás (KOI _d) eredeti	19,71	mg/l	Kiváló
			Összes nitrogén	4,13	mg/l	Jó
			Klorid	63,25	mg/l	Mérsékelt
			Szerves szén összesen (TOC)	6,44	mg/l	Kiváló
			Oxigén (oldott)	7,13	mg/l	Jó
			Biokémiai oxigénigény (BOI ₅)	4,82	mg/l	Jó
			Vezetőképesség	901,7	μS/cm	Jó
			Oldott oxigén (%)	67,4	%	Mérsékelt

5. táblázat Sárszentmihály monitoring pontnál vízminőség értékelése

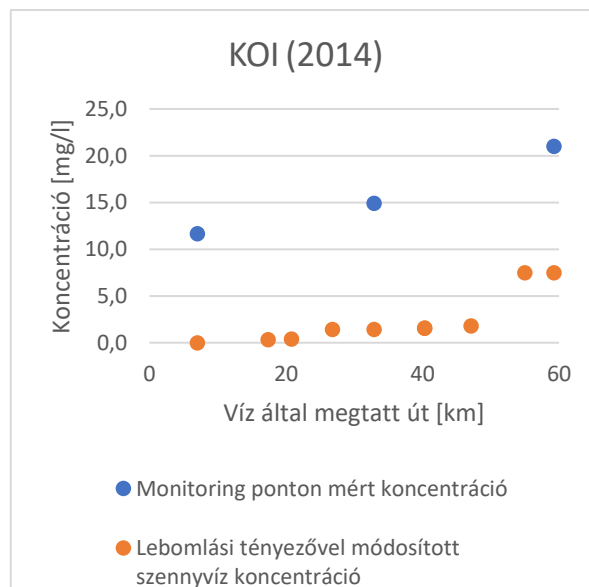
4.2. Tisztított szennyvíz bevezetései

Kezdetben nehézséget okozott Fehérvárcsurgó és Kincsesbánya bevezetések kezelése, mivel egymás mellett helyezkednek el, mind a kettő 18.823 fkm-nél van bejegyezve. Ez a lebomlási tényezővel való korrigálásnál volt gond. Számolásaim során ezt úgy oldottam meg, hogy mind a kettőhöz ugyanazt az előző ponttól való távolságot írtam be, de a fehérvárcsurgói telep lebomlási tényezővel módosított értékeihez 0 távolsággal számoltam, tehát Kincsesbánya esetében a háttérkoncentrációt az előző pontra kiszámolt módosítatlan szennyvíz koncentráció jelentette.

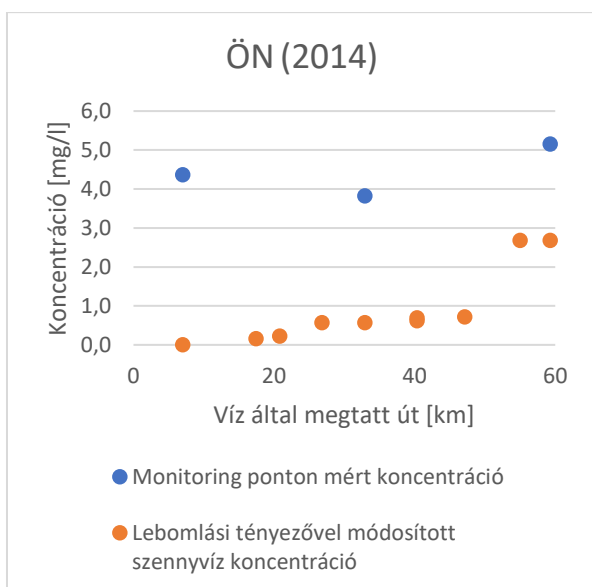
Ezeket a számokat a későbbiekben a diffúz terhelés kiszámításához használtam fel. A monitoring pontokon mért koncentrációkat és a bevezetett szennyvíz korrigált értékeit évek és vizsgált anyag szerint szétbontva diagramokon ábrázoltam. (1-8. diagram) A diagramok alapján elmondható, hogy Székesfehérvár tisztított szennyvíze a korábbi bevezetésekhez képest sok esetben jelentősen megnöveli a koncentrációkat, és előfordul, hogy vésszesen megközelíti a monitoring ponton mért értéket. A többi bevezetés viszont alig okoz koncentráció emelkedést.



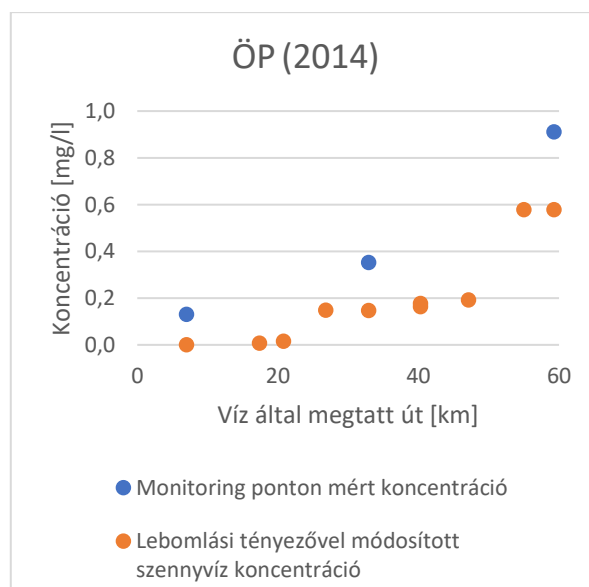
1. diagram BOI₅ koncentráció a mérési pontokon



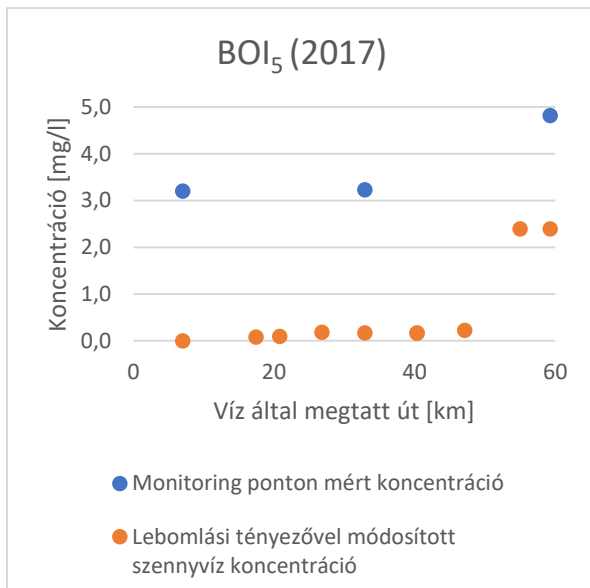
2. diagram KOI koncentráció a mérési pontokon



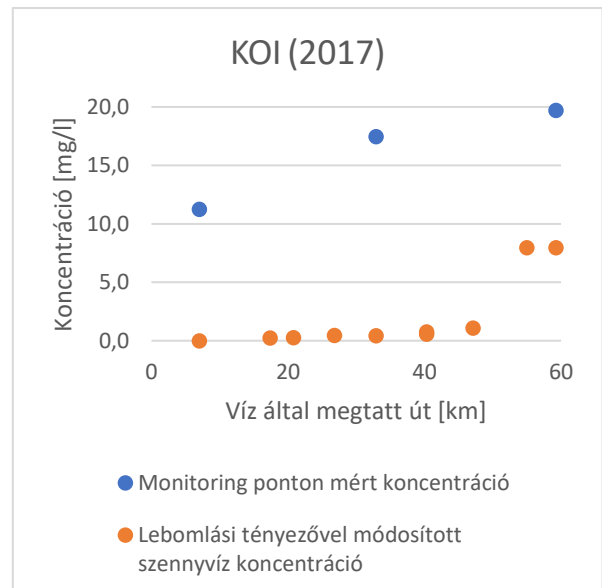
3. diagram ÖN koncentráció a mérési pontokon



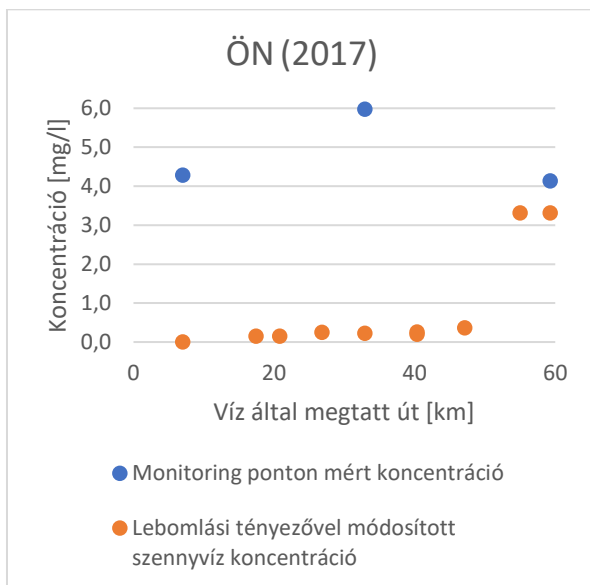
4. diagram ÖP koncentráció a mérési pontokon



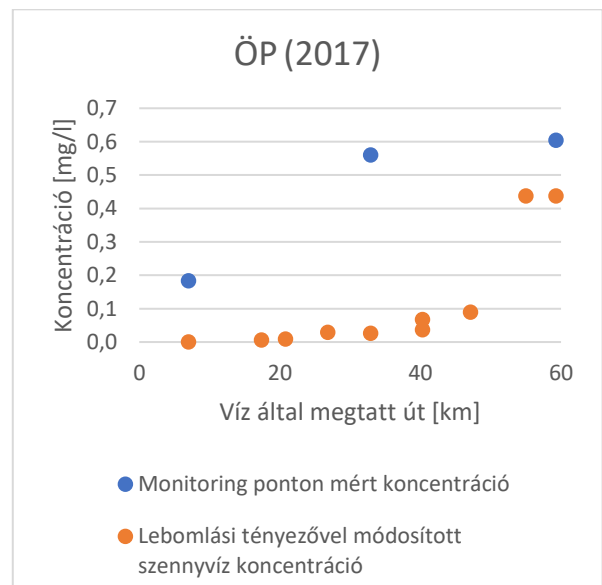
5. diagram BOI₅ koncentráció a mérési pontokon



6. diagram KOI koncentráció a mérési pontokon



7. diagram ÖN koncentráció a mérési pontokon



8. diagram ÖP koncentráció a mérési pontokon

A BOI₅ és KOI koncentrációk diffúz és szennyvíz eredetű részeit összehasonlítva elmondható, hogy mivel a szennyezés nagy része diffúz eredetű, ezért a szennyvíz magasabb fokú tisztítása sem lenne megoldás a vízminőség javítására. A 2017-es és 2014-es diagramokról is ugyanazokat a következtetéseket lehet levonni. (6-9. táblázat, 9-12. diagram)

2014	BOI ₅			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	2,18	0,00	2,18	100,00
Bodajk- Balinka	3,27	0,19	3,08	94,19
Sárszentmihály	5,35	0,93	4,42	82,68

6. táblázat BOI₅ diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása

2014	KOI			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	11,67	0,00	11,67	100,00
Bodajk- Balinka	14,92	1,43	13,49	90,44
Sárszentmihály	21,00	7,49	13,51	64,31

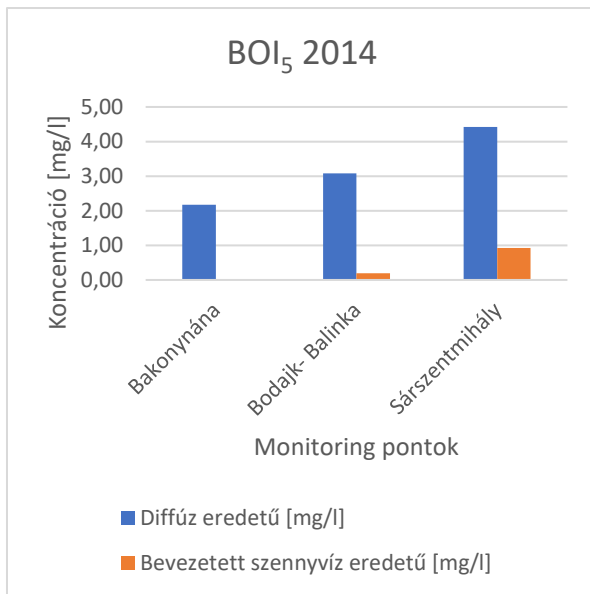
7. táblázat KOI diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása

2017	BOI ₅			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	3,20	0,00	3,20	100,00
Bodajk- Balinka	3,23	0,17	3,07	94,83
Sárszentmihály	4,82	2,39	2,43	50,34

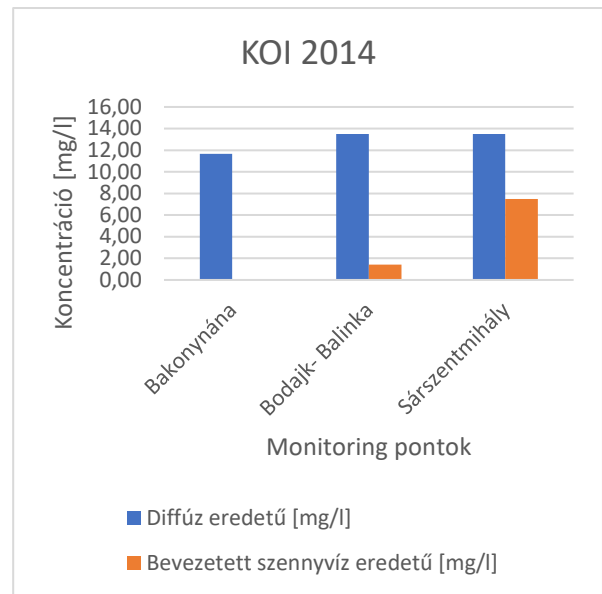
8. táblázat BOI₅ diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása

2017	KOI			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	11,25	0,00	11,25	100,00
Bodajk- Balinka	17,47	0,43	17,04	97,54
Sárszentmihály	19,71	7,96	11,75	59,62

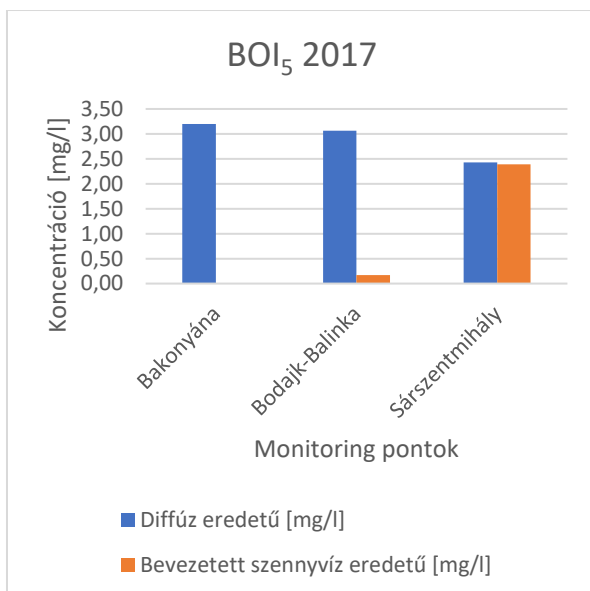
9. táblázat KOI diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása



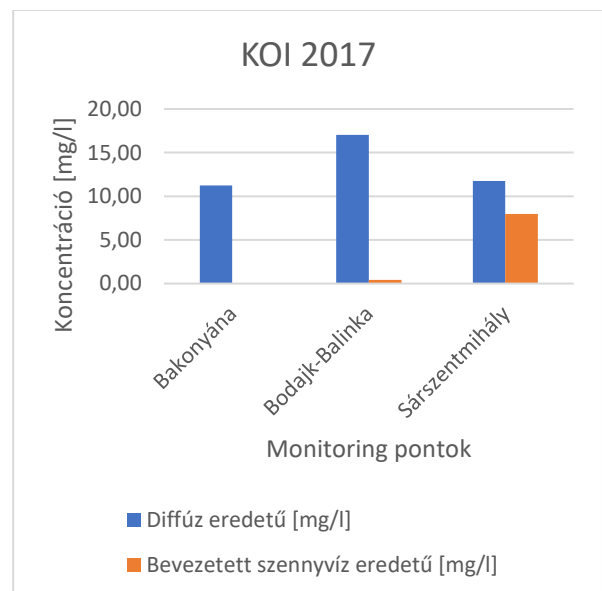
9. diagram BOI₅ koncentráció



10. diagram KOI koncentráció



11. diagram BOI₅ koncentráció



12. diagram KOI koncentráció

Az ÖP és ÖN esetében is hasonlóságot lehet felfedezni a diagramok alakulásában. A felső és középső szakaszhoz tartozó mérési pont eredményeinél még a diffúz terhelés van nagyobb részben jelen, a koncentrációk többsége ebből adódik. Feltűnő különbség azonban ezen a négy diagramon a többihez képest, hogy Sárszentmihálynál az arányok felcserélődnek és a szennyvíz eredetű terhelés lesz a több. Ennek oka a székesfehérvári tisztított szennyvíz. Nem csak a diffúz eredetű és szennyvíz eredetű terhelésekkel ábrázolt diagramokról derül ki ez az információ, ha megnézzük a patak teljes hosszára nézett lefutásokon is jól látható, hogy a

székesfehérvári önellenőrző ponton mért koncentrációk közel azonosak a sárszentmihályi monitoring ponton mértekkel. (10-13. táblázat, 13-16. diagram)

2014	ÖP			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	0,13	0,00	0,13	100,00
Bodajk- Balinka	0,35	0,15	0,21	58,46
Sárszentmihály	0,91	0,58	0,33	36,49

10. táblázat ÖP diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása

2014	ÖN			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	4,36	0,00	4,36	100,00
Bodajk- Balinka	3,82	0,56	3,25	85,23
Sárszentmihály	5,15	2,68	2,47	48,02

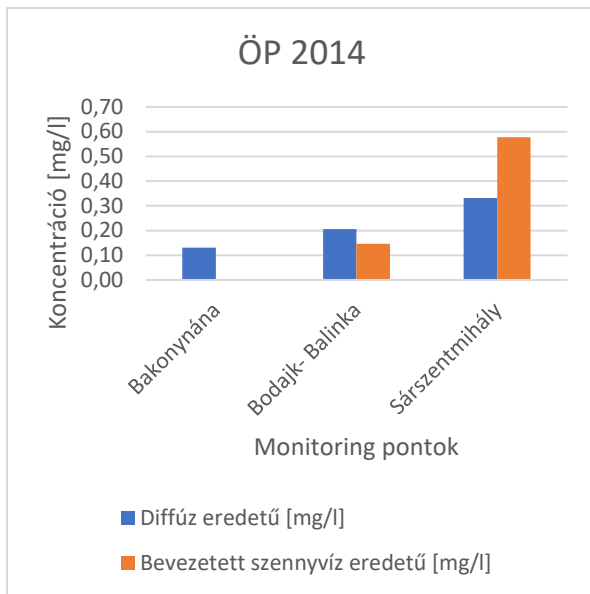
11. táblázat ÖN diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása

2017	ÖP			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	0,18	0,00	0,18	100,00
Bodajk- Balinka	0,56	0,03	0,53	95,35
Sárszentmihály	0,60	0,44	0,17	27,73

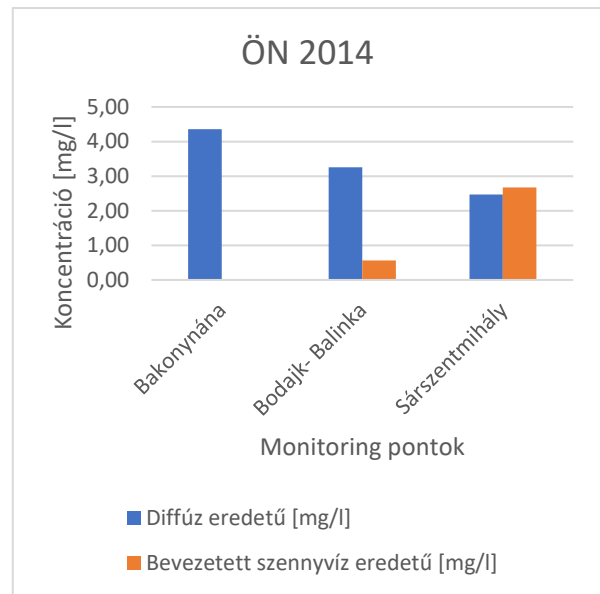
12. táblázat ÖP diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása

2017	ÖN			
Monitoring pont	Mért koncentráció [mg/l]	Bevezetett szennyvíz eredetű [mg/l]	Diffúz eredetű [mg/l]	Diffúz arány [%]
Bakonynána	4,28	0,00	4,28	100,00
Bodajk- Balinka	5,97	0,22	5,75	96,24
Sárszentmihály	4,13	3,31	0,82	19,80

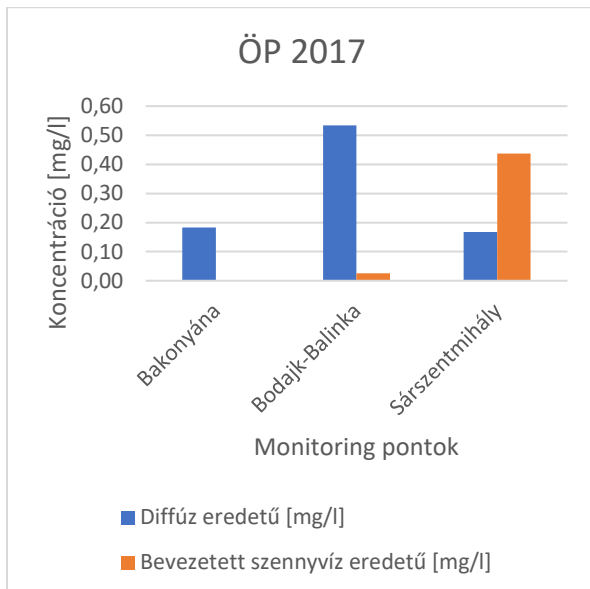
13. táblázat ÖN diffúz eredetű szennyezés mennyiségének meghatározása



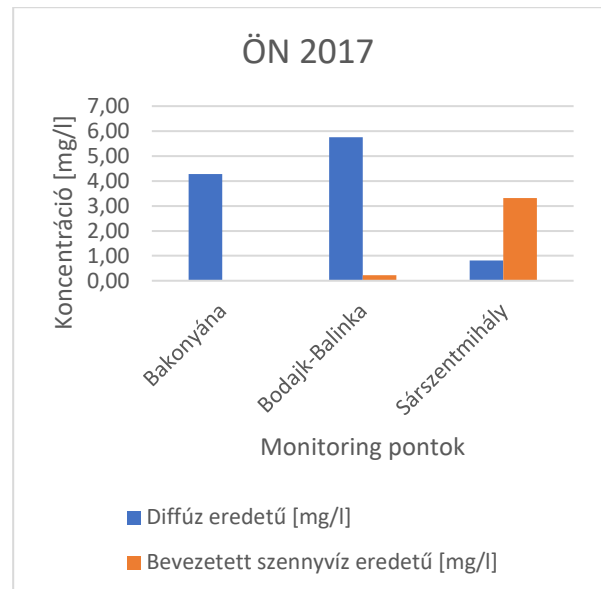
13. diagram ÖP koncentráció



14. diagram ÖN koncentráció



15. diagram ÖP koncentráció



16. diagram ÖN koncentráció

4.3. Vízminőség javító intézkedések

Mivel a vízminőség nem éri el a célul kitűzött jó ökológiai minősítést, így ennek javítása szükséges. Ennek egyik módja lehet a szennyvíztisztító telepek korszerűsítése, valamint a mintavételi helyek térbeli sűrítése, mivel így a pontosabb adatokat kaphatunk a már meglévő pontok közötti víz minőségére is.

A patak első néhány kilométerén sekély, kavicsos mederben folyik. Bakonyhána térségében a megfelelő vízminőség miatt nem szükséges intézkedéseket tenni, az itt mérhető szennyezések mind diffúz eredetűek. A BOI_5 és a KOI szennyezések mind szerves anyag

eredetűek, így ezen értékek módosítása a szerves anyag bejutás szabályozásával lehetséges. Az ÖN szennyezés feltehetőleg felszín alatti vizek beszivárgásából származik. A vízminőséget befolyásoló folyamat lehet, ha a környező területek felszín alatti vizeinek minősége, vízgyűjtő területe szabályozva van. Például a környező szántóföldek műtrágyázásából nagy mennyiségű nitrogén és foszfor vegyületek is beszivároghatnak a talajvízbe, ami hosszabb távon a patak vízminőségének változását eredményezheti.

Bodajk- Balinka mérési pontnál már a szennyvíz eredetű szennyezéseket is figyelembe kell vennünk. A két monitoring pont között 3 helyen kerül tisztított kommunális szennyvíz a patakba. Ennek ellenére azonban még mindig a diffúz eredetű szennyezések vannak túlsúlyban. Ezek alapján a két pont közti szakaszra is ugyanazokat a következtetéseket tudom levonni, mint az előbbi bekezdésben. Véleményem szerint a környező területekről érkező felszín alatti vizek vízminőségének a szabályozása hozhat megoldást a patak állapotának javulásában. Az arányokat tekintve a szennyvíz eredetű terhelés nem jelentős, a következő bevezetésekig pedig a természetes bomlási folyamatok nagy része is lejátszódhat, azonban a bevezetési pontoknál a beáramló szennyvíz megváltoztatja a patak addigi szennyezőanyagainak koncentrációját. Jelentősen megemelkedhet egy-egy bevezetésnél a foszfor vegyületek mennyisége, amiket nem a tisztított szennyvíz okoz, az csak indikátorként van jelen. A beáramló víz felkeverheti a mederfenéken leült iszapot, ami egy rövid szakaszt érint csak, de így bekerülhetnek az áramlásba az itt található foszfor vegyületek. Mivel ez belső terhelés, így ismételtelen nincs értelme a befolyó szennyvíz tisztítási technológiáját megváltoztatni. A bevezetés térbeli elhelyezkedésének módosítása talán csökkenthetné a felkeveredés mértékét, de a két víztest találkozásakor mindenképp felzavarodik az iszap.

A mérési pont után a patak egy természetvédelmi területen is keresztül folyik, ahol valószínűsíthetőleg a környező fölterületek és erdők védelme miatt a felszín alatti vizek nem befolyásolják annyira a víz már meglévő minőségét. Erre azonban nincs információ, mivel a következő monitoring pontig számos szennyvízbevezetés is van, a következő bevezetési ponthoz végzett számolások pedig a szennyvíz adataival készültek el. Mivel a patak Fehérvárcsurgónál két helyen is fel van duzzasztva ezt is figyelembe kell venni a javító intézkedések tervezésénél. A tavak fenekén lévő iszap nagy mennyiségben tartalmazhat szerves és szervetlen szennyezőket is, melyek esetleges felkeveredése nagy mértékben rontaná a víz állapotát. Itt már több helyen is vízi növényzet takarja a mederfeneket, mind a patak, mind a két tó esetében. Az állóvizek iszapjából származó belső terheléssel csak igen szélsőséges

időjárás esetén vagy pedig mederkostrás után kell számolnunk, mert ezen a két területen a patak és a víz áramlási sebessége olyan mértékben lelassul, hogy saját maga nem tudja az iszapot felkeverni.

Habár a vízi növényzet számos élőlénynek szolgáltat életteret, ezzel szemben a szennyezéseket is megkötheti, a fehérvárcsurgói víztározó után pedig már mindenhol megtalálhatók kisebb-nagyobb mennyiségben. Megtapadhat például a felszínükön, de a talajból is felvehetik a többi számukra fontos tápanyaggal együtt. Innentől pedig az állatvilágon keresztül bekerülnek a táplálékláncba. Jelen esetben nem kell olyan káros anyaggal számolni, ami veszélyt jelentene, így csak a víz szempontjából kell a növények mennyiségének szerepét megvizsgálni. Értelem szerűen a vízi növények is végeznek fotoszintézist. A patakban sehol nincs olyan mélységű vízszint, ahol a növények ne jutnának fényhez. Így viszont minél több tápanyagot állít elő a növény, annál több számára lesz megfelelő a környezet és mivel az újonnan kifejlődők is végeznek anyagcserét, így egy öngerjesztő folyamattal nézünk szembe. Emiatt azt gondolom, hogy a növényzet bizonyos mértékű időszakos irtása vagy árnyékoló fasor telepítése a meder mellett a víz minőségének javulását is eredményezheti.

Sárszentmihály a három mérési pontból az első, ahol felcserélődik a diffúz és szennyvíz eredetű terhelések aránya. Ennek oka nagy valószínűséggel a nem sokkal előtte bevezetett regionális szennyvíztisztító vize. Természetesen a korábbi szennyvizek is hatással vannak az itt mért eredményekre, azonban a bomlási folyamatok miatt a székesfehérvári terhelést tartom a fő oknak, annak ellenére, hogy a patakba való torkolása előtt már elkezdődött/elkezdődhetett a lebomlás. Bár a BOI_5 és KOI koncentrációk esetén még mindig a diffúz terhelés a jelentősebb, az $ÖP$ és $ÖN$ értékek mind a két évben meghaladták a diffúz eredetű értéket. Ebből kifolyólag azt gondolom, hogy a tisztítási hatásfok növelése céljából fejlesztéseket kellene eszközölni a telepen, azonban a diffúz terhelésekre is oda kell figyelni. Megoldást kell találni a terhelés csökkentésére, viszont a környező területek felhasználásának sokfélesége miatt ez nem egyszerű. Javarást mezőgazdasági területekről beszélünk, így talán megoldás lehet a földekre jutó szerves tápanyagok szabályozása.

A patak vízgyűjtő területe közel 500 km^2 , így a diffúz szennyezések akár kilométerekről vagy még messzebből is származhatnak, a felszín alatti vizek mozgását tekintve pedig akár több hónap alatt érhet el a szennyezés a vízhez. A cél mindenképp a jó kémiai állapot fenntartása és a jó ökológiai állapot elérése, aminek az első és legfontosabb lépése mindenképp a konkrét víztest megfelelő állapotának megléte.

Felhasznált irodalom

Dévai György, Nagy Sándor, Wittner Ilona, Aradi Csaba, Csabai Zoltán és Tóth Albert: A vízi és a vizes előhelyek sajátosságai és tipológiája. KLTE Ökológiai Tanszéke Hidrobiológiai Részleg Debrecen, 1998

http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/vizek_es_vizes_elohelyek_tipologiaja.pdf

Csizmarik Gábor: Hidrobiológia. Szent István Egyetem 2011

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Hidrobiologia/adatok.html

Somlyódy László: Felszíni vizek minősége. Modellezés és szabályozás, Typotex 2018.

Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról (VKI 2000)

http://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/vki_en_hu_hivatalos_20040901_1_1.pdf

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32000L0060&from=EN>

Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer (OKIR) adatbázisa

Somlyódy László (2011): Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest

http://old.mta.hu/data/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf

220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól

<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400220.kor>

Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv 2015. (OVF 2015)

https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/E3E737A3-3EBC-4B6F-973C-5DD9B8A6DBAB/OVGT_foanyag_vegleges.pdf

Fejér Megyei Vízügyi Igazgatóság, általános információk a patakról

Fejérvíz Zrt. Székesfehérvár tisztított szennyvizére önellenőrzési mérések eredménye