



ÓBUDAI EGYETEM

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet

TISZTÍTOTT SZENNYVÍZ HATÁSA A FÜZES-PATAK VÍZMINŐSÉGÉRE

IMPACT OF TREATED WASTEWATER ON THE WATER QUALITY OF THE FÜZES STREAM

OE-RKK
2022.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Nagy Magdolna
T-3545/FI12904/R



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Nagy Magdolna

Szakedolgozat száma: SZD22060713491656

Törzskönyvi száma: T-3545/FI12904/R

Neptun kódja: AGUQ1R

Szak: Környezetmérnöki BSc levelező

Specializáció: Zöldenergia specializáció levelező

A dolgozat címe: Tisztított szennyvíz hatása a Fűzes-patak vízminőségére

A dolgozat címe angolul: Impact of treated wastewater on the water quality of the Fűzes stream

A feladat részletezése:

- A Zsámbéki-medence földrajza (geológia, vízrajz, természetvédelmi háttér, a VKI-hez kapcsolódó tényezők, stb.)
- A Fűzes-patak bemutatása (konstans tényezők, antropogén hatások). Az antropogén hatások közül különösen jelentős a két szennyvíztisztító telep (Páty), amelyek befogadója a patak. (Jelentős terhelésnövekedés a agglomerációs településeken.)
- A pátyi szennyvíztisztító bemutatása (felépítés, méretezési és technológiai problémák, stb.)
- Saját mérések
- Következtetések levonása, problémák azonosítása
- Javaslattevél

Intézményi konzulens neve: Bodáné Dr. Kendrovics Rita

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 02. 01.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 12. 09.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 1.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022.12.15.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	1
2. A FÜZES-PATAK ÉS VÍZGYŰJTŐJÉNEK BEMUTATÁSA.....	2
2.1 A Zsámbéki-medence bemutatása.....	2
2.1.1 A Zsámbéki-medence földrajza.....	2
2.1.2 A Zsámbéki-medence vízrajza.....	2
2.1.3 Geológiai, természetvédelmi háttér.....	4
2.2 Antropogén hatások a Zsámbéki-medencében.....	4
2.2.1 A felszíni vizek változása.....	4
2.2.2 Mezőgazdaság, erdőgazdálkodás.....	6
2.2.3 Bányászat, ipar.....	7
2.2.4 Települések.....	7
2.2.5 Területhasználat a Füzes-patak környezetében.....	8
2.3 A Füzes-patak bemutatása.....	9
3. VÍZMINŐSÉG-SZABÁLYOZÁS.....	10
3.1 Vízminőség-szabályozás.....	10
3.2 Állapotértékelés.....	11
3.2.1 Az oxigénháztartás jellemzői.....	13
3.2.1.1 Oldott oxigén.....	14
3.2.1.2 Szén-dioxid (CO ₂).....	14
3.2.1.3 Kémiai oxigénigény (KOI).....	15
3.2.1.4 Biokémiai oxigénigény (BOI).....	15
3.2.1.5 Összes szerves szén (TOC).....	15
3.2.1.6 A KOI, a BOI és a TOC összefüggései.....	16
3.2.2 A tápanyagháztartás jellemzői.....	18
3.2.2.1 Nitrogénformák.....	18
3.2.2.2 Foszforformák.....	19
3.2.3 Mikrobiológiai jellemzők.....	20
3.2.4 Mikroszennyezők.....	20
3.2.5 Egyéb jellemzők.....	20
3.2.5.1 Sűrűség, viszkozitás, hőmérséklet.....	20
3.2.5.2 Lebegőanyag-tartalom.....	21
3.2.5.3 Szín.....	21
3.2.5.4 Íz, szag.....	21
3.2.5.5 Átlátszóság.....	21
3.2.5.6 Zavarosság.....	22
3.2.5.7 Kémhatás.....	22
3.2.5.8 Fajlagos vezetőképesség.....	22
3.2.5.9 Összes keménység.....	23
3.2.5.10 Mangán.....	24
3.2.6 Vízminőségi osztályok.....	24
3.3 Víz Keretirányelv (VKI).....	25
3.3.1 VKI monitoring.....	27
3.3.2 Vízminőségi állapotértékelés.....	28
3.3.3 A Füzes-patak a VKI tükrében.....	30
3.4 Szennyezésszabályozás.....	32
3.4.1 A szennyezések fajtái.....	32
3.4.2 Határértékek.....	33
3.5 A felszíni vizek terhelhetősége.....	34
4. A PÁTYI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ BEMUTATÁSA.....	37
4.1 Alkalmazott technológia.....	37

4.2 A szennyvíztisztítás során alkalmazott határértékek.....	38
5. SAJÁT MÉRÉSEK, SZÁMÍTÁSOK.....	40
5.1 Mintavételezés.....	40
5.2 Terepi mérések.....	42
5.2.1 A víz színe.....	42
5.2.2 A víz szaga.....	42
5.2.3 Hőmérséklet.....	43
5.2.4 Átlátszóság.....	43
5.2.5 Zavarosság.....	43
5.2.6 Kémhatás, fajlagos vezetőképesség.....	43
5.2.7 Egyéb jellemzők.....	43
5.3 Laboratóriumi mérések.....	44
5.3.1 Spektrofotometriai mérések.....	44
5.3.1.1 KOI.....	45
5.3.1.2 Ammónium-nitrogén.....	45
5.3.1.3 Nitrit-nitrogén.....	45
5.3.1.4 Nitrát-nitrogén.....	46
5.3.1.5 Foszfát-foszfor.....	46
5.3.1.6 Mangán.....	46
5.3.1.7 Oxigén.....	47
5.3.2 Kémhatás.....	47
5.3.3 Fajlagos vezetőképesség.....	47
5.3.4 BOI ₅	47
5.4 Mérési eredmények.....	48
5.4.1 A nitrogénformák értékelése.....	50
5.4.2 A foszforformák értékelése.....	52
5.4.3 A mangán értékelése.....	53
5.4.4 Az oldott oxigén értékelése.....	54
5.4.5 A KOI és a BOI értékelése.....	55
5.4.6 A pH és a fajlagos vezetőképesség értékelése.....	56
5.4.7 A kapott eredmények összegzése.....	57
5.5 A Füzès-patak vízhozamának számítása.....	59
5.6 A kibocsátott szennyvíz jellemzése.....	63
5.7 Terhelhetőség.....	66
5.8 További terhelhetőségi számítások.....	68
5.8.1 Számítások kisebb vízgyűjtőre.....	68
5.8.2 Számítások nagyobb vízgyűjtőre.....	70
6. KÖVETKEZTETÉSEK.....	72
6.1 Elvégzett munka.....	72
6.2 Elvégzett számítások.....	73
6.2.1 A Füzès-patak átlagos vízhozama a telep felett.....	73
6.2.2 A kibocsátott szennyvíz jellemzése.....	74
6.2.3 A terhelhetőség.....	75
6.3 Következtetések.....	75
6.4 Ismert hiányosságok, további tennivalók.....	77
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	78
8. FELHASZNÁLT IRODALOM.....	79
9. ÁBRAJEGYZÉK.....	84
10. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	85
11. MELLÉKLETEK.....	86
11.1 A Füzès-patak vízrajzi környezete 1. [56].....	86
11.2 A Füzès-patak vízrajzi környezete 2. [56].....	87

11.3 A Közép-Duna VGT tervezési alegység szennyvíz-bevezetései és azok hatásai [57]..	88
11.4 A Közép-Duna VGT tervezési alegység területhasználati viszonyai [57].....	89
11.5 A Közép-Duna VGT tervezési alegység tápanyag- és nitrátérzékeny területei [57]....	90
11.6 A Közép-Duna VGT tervezési alegység területén jellemző diffúz nitrogénterhelések [57].....	91
11.7 A Közép-Duna VGT tervezési alegység területén jellemző diffúz foszforterhelések [57].....	92
11.8 A Füzes-patak MSZ 12749:1993 szerinti állapotértékelése (saját mérések alapján)....	93
11.9 A Füzes-patak VGT1 szerinti állapotértékelése (saját mérések alapján).....	94
11.10 A VGT1 szerinti állapotértékelés osztályhatárai (8-as víztípus, éves átlagértékekre) [33].....	95
11.11 A Benta- és a Füzes-patak VGT3 szerinti állapotértékelése (saját mérések alapján).	96
11.12 A VGT3 szerinti állapotértékelés osztályhatárai (3-as víztípus, éves átlagértékekre) [35].....	97

1. BEVEZETÉS

A kisvízfolyás ökológiai szerepe sokrétű: levezeti a vízgyűjtő területéről a lehullott csapadékvizet és a talajvizet, élőhelyet jelent számtalan, a vizes élőhelyet preferáló növény- és állatfajnak, befogadja a tisztított kommunális és ipari szennyvizet, de számos egyéb vízhasznosítást is biztosít.

A kisvízfolyások szoros kapcsolatban vannak a környezetükkel, ezért a talaj és a levegő szennyeződései közvetetten, a tisztított szennyvíz pedig közvetlenül szennyezi azokat. Nagyon fontos szemmel tartani minőségüket, mert egy rossz ökológiai állapotú kisvízfolyás például nem lesz képes megfelelő vizes élőhelyként funkcionálni, így a hatások messzire gyűrűzhetnek.

A dolgozat egy kisvízfolyást, a Füzes-patakot mutatja be, amelynek állapota hosszú ideje aggasztja a környék lakosságát, gyakran panaszkodnak erős szaghatásra és habzásra, ezekért a pátyi szennyvíztisztító telepet – amelynek a befogadója a patak – teszik felelőssé. A lakossági bejelentések hatására számtalan ellenőrzést tartottak már a hatóságok a telepen, de eddig nem találtak kirívó szabálytalanságot. A megszabott határértékek betartását támasztják alá az önellenőrzési jegyzőkönyvek is.

A dolgozat igyekszik felderíteni ennek a látszólagos ellentmondásnak az okait a vízminőségi állapotértékelés, valamint a vízhozamra és a terhelhetőségre vonatkozó számítások segítségével.

2. A FÜZES-PATAK ÉS VÍZGYŰJTŐJÉNEK BEMUTATÁSA

2.1 A Zsámbéki-medence bemutatása

2.1.1 A Zsámbéki-medence földrajza

A Zsámbéki-medence a Budai-hegység és a Gerecse között húzódó, tágas pliocén és pleisztocén korú, medencés, sasbérce, röglépcsős szerkezetű süllyedék. [1] Budapest nyugati határában, 10-20 km szélességben terül el. Északon a Pilis, nyugaton a Gerecse, délen az Etyeki-dombság, keleten pedig a Budai-hegység határolja. Földrajzi kistérségként a Békás-patak vízgyűjtő területét foglalja magába Biatorbágy, Bicske, Budajenő, Csabdi, Herceghalom, Etyek, Mátyás, Páty, Perbál, Telki, Tinnye, Tök, Zsámbék településekkel. A medence területe kisvízfolyásokkal tagolt, enyhén hullámzó síkság, mely eredetileg mocsaras, nádas terület volt, de a mezőgazdaság térnyerésének következtében mára búza-, kukorica- és napraforgótáblák borítják. [2][3]

2.1.2 A Zsámbéki-medence vízrajza

Az 1. táblázat a Zsámbéki-medence hidrológiai értékeit foglalja össze.

1. táblázat: A Zsámbéki-medence hidrológiai értékei [4]

Források	Patakok	Tavak
Foglalt források	Békás-patak	Természetes tavak
Török-kút (Zsámbék)	Budajenői-patak	Garancsi-tó (Tinnye)
Köbölkút-forrás (Perbál)	Perbáli-patak	Sasfészek-tó (Páty)
Főkút-forrás (Páty)	Számárhegyi-patak	Mesterséges tavak
Kútvölgyi-forrás (Tök)	Töki-patak	Biai-halastavak (Biatorbágy)
Biai-forrás (Bia)	Zsámbéki-patak	Etyeki-halastó (Etyek)
Magyar-kút (Etyek)	Ökörmezői-patak	Mányi-halastó (Mány)
Természetes források	Kozáromi-patak	Örsi-tó (Felsőörspuszta)
Békás-patak forrása (Tinnye)	Kígyós-patak	Biai horgásztó (Biatorbágy)
Kisforrás (Perbál)	Sajgó-patak	Anyácsai-halastó (Anyácsapuszta)
Számárhegyi-patak forrása (Perbál)	Etyeki-ág	
Budajenői-patak forrása (Budajenő)	Füzes-patak	
Füzes-patak forrása (Páty)	Bajna-Epöli vízfolyás	
Sajgó-patak forráscsoportja (Mány)	Gyertyánosi vízfolyás	
Kígyós-patak forrása (Felsőörspuszta)		

A Zsámbéki-medence legjelentősebb vízfolyása a Békás-patak, amely Tinnye mellett ered és onnan nagyjából déli irányban áthalad Perbál, Tök és Herceghalom települések közigazgatási területén és Biatorbágy külterületén. Ezután a Biai-tónál (a táblázatban Biai-halastavak néven szerepel) egyesül más kisvízfolyásokkal és onnan Benta-patak néven fut tovább. A Békás-patakba torkollik Perbáltól délre a Budajenői-patak, Tök alatt a Zsámbéki-patak és Herceghalomnál pedig a Kígyós-patak. [5] A Benta-patakba csatlakozik Biatorbágynál a Füzes-patak és Tárnoknál a Zámori-patak is.

A Benta-patak a Biai-tó kifolyója, Százhalombattánál, a 1622-es fkm-nél éri el a Dunát. A patak vezeti a Dunába a Dunamenti Erőmű hűtővizét, ezért az érintett – alsó – szakaszon a víz hőmérséklete télen sem csökken 10 °C alá. Ez megváltoztatta a patak alsó szakaszának hőháztartását és ebből kifolyólag az élővilágát is. [6]

2.1.3 Geológiai, természetvédelmi háttér

A Zsámbéki-medencét „több száz méteres harmadidőszaki üledéksorozat tölti ki. Felszínépítő kőzetei: pannóniai agyag, szarmata mészkő, homok, negyedidőszaki lösz, édesvízi mészkő, kavics, lejtőüledékek.” [7][8]

A területen nem csak vizes élőhelyek találhatóak, hanem olyan geológiai értékek is, amelyek a legtöbb esetben botanikai értékkel is bírnak, ezért védendőek. A Füzes-patak mentén a legjelentősebb ilyen érték a Madárszirt – Százlépcső – Nyakas-kő hármasa. A Tétény–Sóskúti-fennsík nyugati peremén található sziklaalakzatok 12-15 millió éves középső-miocén kőzetek. A jól megfigyelhető rétegek szinte elmesélik a terület kialakulásának a történetét: „A rétegeket alulról felfelé vizsgálva láthatjuk a mészhomokon heverésző, iszapfaló életmódot folytató tengeri sünöket, osztrigákat. Felfelé haladva kagyló- és csigahéjak, kőmagok kavalkádja jelenik meg, amely jelzi a tenger ide-oda mozgató, sodró hatását. A ritka tarisznyarak ollói is megtalálhatók. Tovább haladva a fésűskagylók veszik át a szerepet, a szív-kagyló mérete egyre csökken, jelezve, hogy közeledik a sótartalom-csökkenés pillanata. Éles átmenettel változik meg az ősmaradvány-tartalom, azok a fajok, amelyek nem bírták a sótartalom-változást, eltűntek. E konkréten rétegek felett már felső-miocén mészkövet találunk jellegzetes félsósvízi faunájával.” [9]

A Zsámbéki-medence területén találhatóak ex lege védett barlangok és források, országos jelentőségű védett természeti emlékek, helyi jelentőségű védett természeti területek (például a Forrás-völgy Helyi TT, a Nyakas-kő – Ürgehegy Helyi TT és a Pecató Helyi TT) és a Natura 2000 hálózatba bevont területek (például a HUDI20017 kódon nyilvántartott Érd-tétényi plató). [10]

2.2 Antropogén hatások a Zsámbéki-medencében

2.2.1 A felszíni vizek változása

A 2.1.2-es fejezetben felsorolt felszíni vizek emberi beavatkozások sora után nyerték el jelenlegi formájukat. Régészeti leletek bizonyítják, hogy a Zsámbéki-medencét már a kőkorszakban is lakták, a honfoglalás korából pedig számos feltárt településmaradvány és épületrom mutatja, hogy fejlett terület volt.

A török uralom alatt az ország nagy részéhez hasonlóan elnéptelenedett, elgazdátlanodott, majd a XVII. században német (főképp bajor és sváb, később frank) és tót telepésekkel népesítették be. A telepések hosszú évek alatt kemény munkával újra termővé tették a földeket és szőlőt telepítettek. A Füzes-, a Békás- és a Benta-patakokon vízimalmokat létesítettek, s

mivel ezek főleg gátas malmok voltak, nagy kiterjedésű malomtavak jöttek létre. Ezek a mesterséges, a patakok duzzasztásával kialakított tavak a tavaszi és az őszi áradások idején árvizet okoztak a környező termőföldeken: mocsárrá változtatták a szántókat és tönkretették a termést.



1. ábra: Biai malmok az első és a második katonai felmérés idején [13][14]

A XVIII. század végére elkerülhetetlenné vált a vízszabályozás, ez azonban a gátas malmok átalakítását tette szükségessé, illetve sok malom megszűnését eredményezte. A nagy, mesterségesen felduzzasztott vízfelületek megszűntek, a patakokat mederbe terelték és a szabályozható malomárkoknak köszönhetően a víz lefolyása akadálytalanná vált, miközben a malom teljesítménye szabályozható maradt. A malomtavak lecsapolásával termőföldek szabadultak fel. [11][12]

A XX. század első felében megnőtt a törekvés a vizek hasznosítására (például halászat és öntözés), ekkor létesültek a 2.1.2-es fejezetben felsorolt mesterséges halastavak. A XX. század második felétől kezdve a földművelés technológiai fejlődésének következtében a felszíni vizek állapota romlásnak indult, például a meder melletti területeken a munkagépek elterjedése miatt szükségesnek tűnt a fák kivágása. Szintén nem jó irányba befolyásolják a felszíni vizek minőségét a különböző kommunális, ipari és mezőgazdasági eredetű szennyezések. [4]

2.2.2 *Mezőgazdaság, erdőgazdálkodás*

A nagyüzemi mezőgazdaság elterjedése több módon is hátrányosan befolyásolja egy terület felszíni és felszín alatti vizeinek minőségét és mennyiségét. A vizsgált terület szempontjából a legfontosabb befolyásoló tényezők a következők [4][15]:

- A patakszabályozások miatt egyfelől megszűntek a természetes, foltokban kialakult nedves területek, másfelől a medrek mesterséges kialakítása megváltoztatta a kisvízfolyások hidrológiai viszonyait.
- A nagyüzemben alkalmazott vegyszerek (főképp permetszerek és műtrágyák) a talajba szivárogva elszennyezték a felszín alatti és a felszíni vizeket is. A közvetlenül a felszíni víz mellett elhelyezkedő dombos mezőgazdasági területekről nagy esőzések idején közvetlen bemosódással is a vízbe jutottak a vegyszerek.
- Az állattartó telepeken keletkezett hígtrágyának a termőföldekre történő kijuttatása sem minden esetben előnyös a növények, a talaj és a vizek szempontjából, hiszen például a hígtrágya magas sótartalma talajkárosodást okozhat, illetve magas talajvízszint esetén a talajvízbe mosódva okozhat szennyezést.

A környezetvédelem fontosságának felismerése a szabályok szigorítását (például egyes kemikáliák betiltását vagy az alkalmazás módjának szabályozását) eredményezte, ezért az immisszió természetszerűen csökken, de a hosszú időre van szükség ahhoz, hogy az eredeti állapot helyreálljon, ha ez egyáltalán lehetséges. Nem segíti viszont a környezet állapotának javulását az, hogy habár például a „nitrátrendelet” (59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről [16]) részletesen szabályozza a magas nitrogéntartalmú trágya kijuttatásának kereteit, de iparági tapasztalatok alapján a vállalkozások gyakran nem tartják be a szabályozást, bírságra pedig – ellenőrzés hiányában – nem kell számítaniuk.

A monokultúras erdők (például nemesnyárasok, akácosok, feketefenyvesek) telepítése miatt egyfelől tájidegen fajok jelentek meg a területen, másfelől csökkent a biodiverzitás. [4] Napjainkra a szakemberek felismerték a monokultúras erdőgazdálkodás hátrányait, de a hatások szintén hosszú ideig érzékelhetők.

2.2.3 *Bányászat, ipar*

A XVIII. századtól kezdve, de főleg a XIX. században a Zsámbéki-medencében számos kő- és homokbánya létesült, amelynek következtében a terület vízrajzi viszonyai megváltoztak: a talajvízszint csökkent, ez források elapadását és a felszíni vizek vízhozamának csökkenését okozta. [4] A nem megfelelő gazdálkodás következtében gazdaságtalanná vált bányákat aztán a közelmúltban bezárták, de a megfelelő rekultiváció elmaradása további környezeti problémákat eredményez.

Napjainkban az ipari parkok létesítése jelent környezetvédelmi kihívást: egyszerre kell kielégíteni a gazdasági érdekeket és megóvni a környezetet a szennyezésektől, miközben az ipari parkok jelentős hidrológiai terhelést jelentenek a sok esetben már most is kapacitásuk felső határának közelében üzemelő szennyvíztisztító üzemek számára.

2.2.4 *Települések*

A Budapesthez való közelség a térség folyamatosan fejlődését eredményezi. Az agglomerációs települések népszerűek a Budapestről elköltözni vágyók számára. A legtöbb település lakossága nagyjából megduplázódott az elmúlt 30 évben, ahogy azt a 2. táblázat is mutatja Páty és Biatorbágy esetében:

2. táblázat: Páty és Biatorbágy lakosságának változása 1990-2021 között [17][18]

Év	1990	2001	2011	2021
Páty lakossága (fő)	4006	5287	6863	8277
Biatorbágy lakossága (fő)	7176	8336	12445	15187

A lakosság számának növekedése számtalan módon befolyásolja egy terület ökológiai viszonyait, ezek közül a legfontosabbak:

- A megnövekedett lakosságnak több lakóépületre van szüksége, ehhez általában vagy szántóföldeket minősítenek át és parcelláznak fel építési telkekre, vagy korábban külterületi telkek belterületbe vonásával elégítik ki az igényeket. Mindkét megoldás a beépíthetőség megváltoztatásával jár, ami többek között a talajba jutó víz (és ennek következtében a felszíni vizek) mennyiségi és minőségi változását eredményezi: a meredekebb területeken a – talajba beszívárogni nem képes – hirtelen eltűnő víz, a laposabb területeken pedig a – meredekebb területekről lezúduló – hirtelen felgyűlő víz okoz súlyos problémákat.

- A lakosság számának növekedése az infrastruktúra bővítését is szükségessé teszi, például szükség van új utak építésére vagy a meglévők bővítésére. Ez szintén a beépítésen keresztül fejti ki hatását, de sok esetben a helyi állatpopuláció életére is negatív hatással van.

A megnövekedett számú lakosság a közművekre nézve is jelentős többletterhelést jelent, a szennyvíztisztító telepek esetében például a hidrológiai terhelés növekedése jelent kihívást. A klímaváltozás középtávú hatásaként jelentkező, hirtelen lezúduló és nagy mennyiségű csapadék, valamint a beépítések következtében a talaj által el nem vezetett és a növények által vissza nem tartott csapadék a – jogszabályi tiltás ellenére a – közcsatorna-hálózatba mind-mind olyan lökésszerű többletterhelést jelent, amire a szennyvíztisztító telepeket nem méretezték. [12]

A többletterhelés következtében nemegyszer előfordul, hogy a telepre beérkező szennyvíz az optimálisnál kevesebb időt tölt a telepen és emiatt a befogadóba engedés előtt a szennyvízben a lebontási folyamatok csak részben mennek végbe. Ez a felszíni vizek szempontjából még akkor sem ideális, ha a kifolyó víz egyébként megfelel a határértékeknek. A problémát az illegális bekötések felderítésével és megszüntetésével, valamint záportározók kiépítésével lehet megoldani. A Füzes-patak a pátyi szennyvíztisztító befogadója, ennek a szennyvíz-bevezetésnek a hatását szemlélteti a 11.3. melléklet: a 6500 LE kapacitású üzem jelentős hatást gyakorol a befogadóra.

2.2.5 Területhasználat a Füzes-patak környezetében

A Füzes-patak két településen – Pátyon és Biatorbágyon – folyik keresztül, mielőtt a befogadóba torkollik. (A kapcsolódó térképvázlatok a 11.1. és a 11.2. mellékletekben találhatóak.) A Páty fölötti szakaszon, valamint Páty és Biatorbágy között is szántóföldek veszik körül, csak a Biatorbágy alatt szakaszon jellemző némi erdő és vegyes mezőgazdasági terület. A területhasználatokat a 11.4. melléklet mutatja részletesen. Állattartó telep nem található a patak környezetében.

A vizsgált területen nem működik olyan ipari vagy egyéb létesítmény, illetve bánya, amely a vízkivétele miatt befolyásolná a patak vízminőségét vagy vízhozamát. Tisztított szennyvíz csak a pátyi szennyvíztisztító telepről kerül a patakba, a környező ipari parkok is ide vannak bekötve.

A mezőgazdasági területhasználat fokozott foszfor- és nitrogénterhelést jelent a felszíni vizekre nézve, így a Füzes-patakra is. A patak közvetlen környezete nitrátérzékeny terület

(ld. 11.5. melléklet), a fajlagos diffúz nitrogén- és foszforterheléseket a 11.6. és a 11.7. mellékletek alapján 1100-1500 g/ha/év, illetve 500-700 g/ha/év.

2.3 A Füzès-patak bemutatása

A Füzès-patak Pátytól északra ered, majd Pátyon és Biatorbágyon keresztül folyva a Benta-patakba torkollik. A Benta-patak később a Dunába ömlik.

Útja során néhány forrás, mellékág táplálja. A források közül a legjelentősebb a Madár-forrás, ami tulajdonképpen egy forrás-csoport. A forrás vize egy nyitott medren keresztülhaladva Biatorbágyon, a Viadukt környékén találkozik a Füzès-pattakkal.

A Füzès-patak hossza kb. 10 km, vízgyűjtőjének területe 33,83 km² [19].

A lélekszám növekedésének következtében Pátyon és Biatorbágyon is egyre nő a lebetonozott területek nagysága, ezért az utóbbi időben megnövekedett a talajba nem beszivárgó – közcsatornán elvezetett – csapadékvíz mennyisége, így a csapadékvíz befogadója is jórészt a pátyi szennyvíztisztító telepen keresztül a patak lett. Ennek következtében esős időben a patak vízhozama jelentősen megnő, ilyen módon már nem érvényesül a talaj pufferhatása.

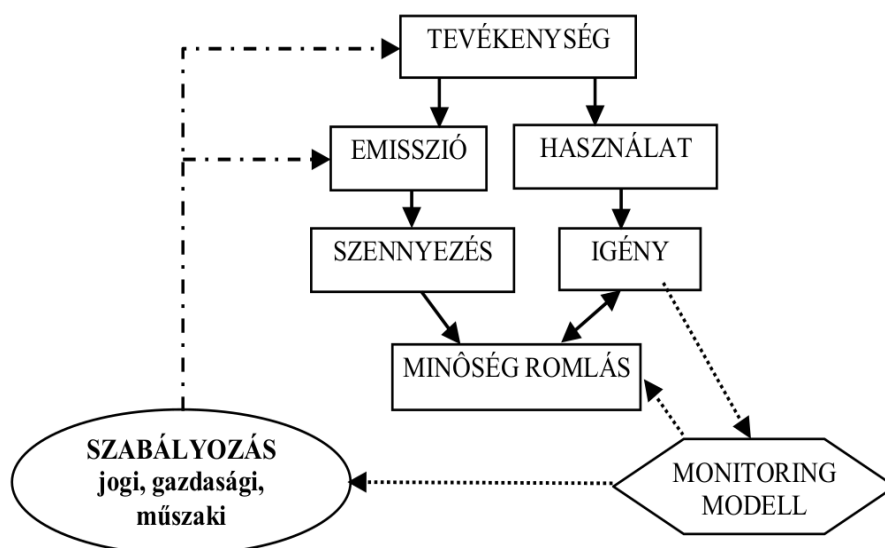
A Füzès-patak a pátyi, a Benta-patak pedig a biatorbágyi szennyvíztisztító telep befogadója. A Füzès-patakon, közvetlenül a Benta-csatlakozás (és a biatorbágyi szennyvíztisztító kifolyója) fölött található a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság 120737 számú állomása.

3. VÍZMINŐSÉG-SZABÁLYOZÁS

3.1 Vízminőség-szabályozás

A vízminőség-szabályozás (vízminőség-védelem) célja és feladata, hogy műszaki, gazdasági és jogi eszközök segítségével, valamint az emberi tevékenységekkel és a természeti tényezőkkel összeegyeztethető módon biztosítsa a vízszükségletek megkívánt minőségi szintjének kielégítését. [20]

Ebből az általános megfogalmazásból is látszik, hogy a feladat összetett, hiszen egyrészt meg kell állítani a víz állapotának további romlását, másrészt szükséges lehet a víz minőségének javítása. A további állapotromlás a romlást előidéző tevékenységet korlátozásával előzhető meg, ennek a következménye a szennyezések mennyiségének csökkenése és ezen keresztül a minőségének javítása. A vízminőség javítása a megfelelő tisztítási technológiák alkalmazásával is elérhető.



2. ábra: A vízhasználat és a vízminőség-szabályozás kapcsolata [20]

A 2. ábra a vízhasználat és vízminőség-szabályozás kapcsolatát mutatja be. Az emberi tevékenység a víz szempontjából egyaránt jelenthet emissziót és használatot. Az emisszió következtében szennyezés jut a vízbe, ami minőségromlást eredményez. Erre triviális példa egy üzem, amelynek a szennyvize elégséges tisztítás nélkül kerül a befogadóba: a szennyezőanyagok kvalitatív és kvantitatív jellemzőitől függően a szennyezés következményei lehetnek egészen enyhék (például szaghatás), de súlyosak (például a teljes vízi ökoszisztéma kipusztulása) is.

A minőségromlás befolyásolja a használatból eredő igény kielégíthetőségét, de a használatra vonatkozó igény kielégítése önmaga is eredményezhet minőségromlást, például abban az esetben, ha egy folyóból túl sok vizet vesznek ki locsolás céljára és így a megmaradt vízmennyiség kevés ahhoz, hogy a folyó addigi természetes ökológiai folyamatai – például a szerves anyagok megfelelő lebontása – fennmaradjanak.

A víz használatára vonatkozó igény meghatározza azokat a szempontokat, amelyek szerint a vizet vizsgálni kell, tehát a monitoring modell mindig az igényekhez igazodik. A modell egyaránt jelenti a vizsgálandó paraméterek körét és a vizsgálat gyakoriságát, illetve módszerét is.

A monitorozás eredményeinek figyelembevételével alakíthatóak a jogi-, a gazdasági- és a műszaki szabályozáson keresztül meghatározott keretek. A tevékenységek szabályozásával a tevékenységek végzésének módjára lehet hatást gyakorolni, például meg lehet határozni, hogy mely tevékenységek és hogyan végezhetőek, illetve azt, hogy milyen technológiákat kell vagy lehet alkalmazni a tevékenység során. Az emisszió szabályozásán keresztül a tevékenység eredményét lehet meghatározni, tehát azt, hogy a tevékenység milyen hatással lehet a víz minőségére.

3.2 Állapotértékelés

A szakirodalmi meghatározás alapján a víz tulajdonságainak összessége a vízminőség. [21] Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy nincs egy olyan kiemelt tulajdonság, amely önmagában alkalmas lenne a víz minőségének a meghatározására, hanem mindig több paraméter együttesen jellemzi a vizet. A vízminősítés során először a paraméterek kvalitatív és kvantitatív meghatározására van szükség és ezután lehetséges a kapott eredményeket a kívánt vízminőséget jellemző értékekkel összehasonlítani.

A vízminősítés lehet:

- Antropocentrikus szemléletű, melynek során a víz tulajdonságait a használatok mentén osztályozzák, tehát aszerint, hogy a víz megfelel-e a használat céljának (például ivóvíz) és a célhoz rendelt határértékeknek.
- Ökocentrikus szemléletű, amely a víz ökológiai állapotát tekinti elsődlegesnek. Ebben az esetben a határértékek is az ökológiai állapot figyelembevételével kerülnek megállapításra. [22]

Magyarországon Felföldy Lajos definiálta először a biológiai vízminőség fogalmát és a nevéhez kötődik az első biológiai vízminősítési rendszer is. Azóta, több változás után, 1994-ben került bevezetésre az MSZ 12749:1993 (Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés) jelű szabvány, amely 5 vízminőségi jellemzőt (paramétercsalád) és 5 vízminőségi osztályt definiál, ezen kívül összefoglalja a monitoring rendszerben vizsgálandó paraméterek körét, a vizsgálati gyakoriságot, a mérési módszereket és a minősítés elveit. Fontos hangsúlyozni, hogy az említett szabvány kizárólag a felszíni vizekre vonatkozik.

A legszigorúbb feltételeknek az ivóvíz céljára használt víznek kell megfelelni, ami nem meglepő: az ivóvízben nem lehet semmiféle olyan szennyeződés, ami károsan hat az emberi egészségre akár rövid-, akár hosszútávon. Az a víz, ami emberi fogyasztásra nem alkalmas, még alkalmas lehet az állatok vagy a növények számára a mezőgazdaságban, vagy - ha még ennél is rosszabb minőségű, - a gyárakban technológiai vízként.

Ebből adódik, hogy vízszennyezőnek tekinthető minden anyag, amely a víz felhasználását egy adott, specifikus célra ellehetetleníti és vízszennyezésnek minősül minden hatás, amely a vizek minőségét olyan mértékben és irányban változtatja meg, hogy a víz kevésbé vagy semennyire sem lesz megfelelő a benne zajló természetes folyamatok számára vagy emberi használatra. [21]

A vízminőség nem állandó, a természetes vizek esetében számtalan külső és belső tényező befolyásolja. A külső tényezők közül a legfontosabbak a szennyezések, ugyanis a víztestbe jutva rövid időn belül jelentősen befolyásolhatják a paraméterek értékeit, esetenként visszafordíthatatlan vagy nehezen visszafordítható károkat (például halpusztulást) okozva. Szintén külső tényező az időjárás, amely a csapadékmennyiségen és a hőmérsékleten keresztül van hatással a vízminőségre és a vízben lejátszódó biokémiai folyamatokra. Ezek a biokémiai folyamatok tekinthetők belső tényezőknek, hiszen hatásukra szintén változik a víz minősége. Ugyan a szennyezések és az időjárás is külső tényező a vízminőség szempontjából, de nagyon fontos különbség közöttük az, hogy a szennyezésekre lehet ráhatásunk, de az időjárásra – legalábbis közvetlenül – nem.

A fentiek tükrében a vízminőséget általában egy adott időpontban tudjuk meghatározni. Ha mérések sorozatát végezzük el, akkor mélyebb összefüggéseket, tendenciákat, következtetéseket is le tudunk vonni a kapott eredményekből.

Az MSZ 12749:1993 jelű szabvány a következő paramétercsoportokat határozza meg:

- Az oxigénháztartás jellemzői (A): a szerves anyagok mennyiségével, bonthatóságával, a víz oldottoxigén-tartalmával, illetve szaprobiológiai állapotával kapcsolatos jellemzők. A vizsgált paraméterek: oldott oxigén, biokémiai oxigénigény (BOI), kémiai oxigénigény (KOI), összes szerves szén (TOC).
- A tápanyagháztartás jellemzői (B): a vízben jelen levő nitrogén- és foszforformák, valamint a klorofilltartalommal kapcsolatos jellemzők. Ezek a paraméterek információt adnak a víztestet ért szennyezések idejéről mértékéről és vízben lejátszódó biológiai folyamatok lefolyásáról. A vizsgált paraméterek: ammónium-N, nitrit-N, nitrát-N, összes foszfor, ortofoszfát-P.
- A mikrobiológiai jellemzők (C): a vizek mikrobiológiai jellemzésére, fertőzőképességére jellemző mutatók. A vizsgált paraméterek: coliformszám, összes telepszám, fekális Streptococcus, Salmonella mennyisége.
- A mikroszennyezők és a toxicitás jellemzői (D):
 - D1: szervesetlen anyagok, például higany, kadmium, nikkel, ólom,
 - D2: szerves anyagok, például poliaromás szénhidrogének (PAH), poliklórozott bifénilek (PCB), detergenssek, kőolajszármazékok, peszticidek,
 - D3: toxikus anyagok, jellemzésük Daphnia-tesztel, csíranövénytesztel vagy haltesztel történik,
 - D4: radioaktív anyagok, például összes béta-aktivitás, radioaktív izotópok mennyisége.
- Az egyéb jellemzők (E): például a kémhatás (pH), a fajlagos vezetőképesség, a hőmérséklet, a zavarosság, a sótartalom mutatói. [21][23]

3.2.1 Az oxigénháztartás jellemzői

A vízben jelen levő szerves komponensek mennyiségét – ellentétben például a vízben oldott gázokéval – nem tudjuk közvetlenül mérni, ezért különféle oxigénigény mérőszámokkal jellemezzük.

3.2.1.1 Oldott oxigén

A levegővel érintkező vízben levő oldott oxigén mennyisége függ a légnyomástól, a hőmérséklettől, a vízben oldott sók mennyiségétől, illetve a szennyezettség fokától és jellegétől. Mivel az oldott oxigén mennyisége függ a felsorolt tényezőktől, ezért a számszerű értéke önmagában nem jellemzi pontosan a vízminőséget, a víztest jellemzésekor érdekesebb az oxigéntelítettséget megadni. Az oxigéntelítettség a mért oxigéntartalom és az elméletileg maximálisan oldható oxigénkoncentráció hányadosa százalékos formában megadva. Az oxigéntelítettség értékéből a vízben található, oxigént termelő vagy fogyasztó szervezetek jelenlétére lehet következtetni. A felszín alatti vizekben, a nagy sókoncentrációjú tavakban és a szerves anyagokat nagyobb mennyiségben tartalmazó felszíni vizekben általában kevés az oxigén, a jó minőségű felszíni vizek viszont oxigénben gazdagok.

A vízben oldott oxigént a növények és az állatok a légzési folyamataik során felhasználják, ezért az elérhető oxigén mennyisége alapvetően befolyásolja ezeknek az élőlényeknek a létezését: a halaknak legalább 5 mg/l oldott oxigénre van szükségük, ezért, ha hosszabb időn keresztül ennél kevesebb található a vízben, akkor a halak kipusztulnak az adott víztestből. A gerinctelen állatoknak ennél valamivel kevesebb oxigénre van szükségük, a baktériumok pedig még annál is kevesebbel is beérik. A halak kipusztulása miatt természetesen elszaporodnak a gerinctelenek és a baktériumok; egy másfajta egyensúly áll be.

Oxigént fogyasztó szerves vegyületek természetes és mesterséges úton is bekerülhetnek a felszíni vizekbe. Természetes módon például csapadékos időjárás esetén a vízgyűjtőről a csapadékkal bemosódnak az állati melléktermékek, de az elhullott állatok is szennyezhetik a vizeket ilyen módon. Mesterséges forrásból is számtalan forrása lehet ezen vegyületeknek. Legnagyobb arányban a szennyvízzel kerülhetnek be szerves vegyületek a felszíni vizekbe, ezért kiemelt feladat volna annak megakadályozása, hogy a kommunális vagy ipari (főleg élelmiszeripari) szennyvizek olyan magas szervesanyag-koncentrációban kerüljenek bele az élővízbe, mely már képes jelentősen negatív hatást gyakorolni a víztest minőségére. [21]

3.2.1.2 Szén-dioxid (CO_2)

A szén-dioxid a vizekben vízben oldott gázként szabad (CO_2) vagy kötött (szénsav, H_2CO_3) alakban, illetve hidrogén-karbonát-ion (HCO_3^-) vagy karbonát-ion (CO_3^{2-}) formájában található meg. Az egyes előfordulási formák aránya a víz pH-jának a függvénye: a pH emelkedésével csökken a szabad CO_2 -tartalom és nő a hidrogén-karbonát mennyisége. A vizek szabad szénsavtartalma a korrozív tulajdonsága miatt fontos. A víz nehézfémoldási

potenciálja egyenesen arányos a szabad szénsavtartalommal. A szén-dioxid-formák jelenléte a vízben a vizek pufferkapacitása miatt jelentős. [21]

3.2.1.3 Kémiai oxigénigény (KOI)

A vizekben található szerves és szervesetlen anyagok oxidálhatóak. A kémiai oxigénigény ezeknek az anyagoknak az oxidációjához szükséges oxidálószerrel egyenértékű – más szóval az oxidáció során elfogyó oxidálószer-mennyiséggel ekvivalens – oxigén mennyisége.

Az oxidáció savas közegben, 150 °C-on, 2 óra alatt és oxidálószer-feleslegben történik. Az oxidáció lezajlása után a visszamaradt oxidálószer mérhető különféle módszerekkel, például titrálassal vagy kolorimetriásan. Az oxidálószer kálium-bikromát ($K_2Cr_2O_7$) vagy kálium-permanganát ($KMnO_4$). A KOI mértékegysége O_2 mg/L. [21][23]

3.2.1.4 Biokémiai oxigénigény (BOI)

A BOI a vízben levő biológiailag bontható, tehát szerves anyagok bakteriális bontása (oxidációja) során, adott idő alatt elfogyasztott (oldott) oxigén mennyisége. A lebontási folyamat mértéke és sebessége számos paramétertől függ (például az oxidációt végző mikroorganizmusok természetétől és számától, a toxikus anyagok jelenlététől és a hőmérséklettől), ezért a szabványos mérés 20 °C-on és meghatározott idő (például 5 nap, BOI_5) alatt történik. A BOI mértékegysége O_2 mg/L.

Adott vízminta esetében a kémiai oxigénigény mindig nagyobb, mint a biokémiai oxigénigény, mert a KOI magában foglalja az összes – adott módszerrel – oxidálható szerves és szervesetlen anyag oxidációjához szükséges oxigén mennyiségét, a BOI viszont csak a szerves anyagok bontása során felhasznált oxigén mennyiségét jelzi. [21][23]

A BOI értéke különböző szennyvizekben mérve más és más lehet még azonos szervesanyag-koncentráció esetén is, mert a kapott értéket számtalan tényező befolyásolja, például a hőmérséklet, a mikroorganizmusok és a gátló anyagok jelenléte. Ez a jelenség főleg az ipari szennyvizekkel kapcsolatban okozhat meglepetést, mert a kommunális szennyvizekben jelen vannak azok a mikroorganizmusok, amelyek a hatékony lebontáshoz szükségesek. [24]

3.2.1.5 Összes szerves szén (TOC)

Az összes szerves széntartalom a vízben található szerves anyagokban levő szén összessége.

A TOC (Total Organic Carbon) önmagában nem jellemzi a vizet, mert fontos kérdés, hogy a víz mekkora arányban tartalmaz ásványolajból, oldószerből, peszticidből, poliaromás, klórozott szerves és egyéb természetes eredetű szerves vegyületekből származó szenet. [21]

A TOC mérése a mintában jelenlevő széntartalmú vegyületek oxidációjával történik: az oxidáció során a szén szén-dioxiddá alakul, ennek mennyisége mérhető. A TOC megkapható, ha az összes szén (TC, Total Carbon) mennyiségéből kivonjuk a szervesetlen szén (IC, Inorganic Carbon) mennyiségét. A szervesetlen szén a karbonátok és a karbonát-ionok alkotják. A TOC mértékegysége mg C/L.

3.2.1.6 A KOI, a BOI és a TOC összefüggései

A KOI és a TOC összefüggésének tekintetében a kutatások kimutatták, hogy a különböző szennyvíztípusok jól jellemezhetőek a két paraméter arányszámával. A kommunális szennyvíz esetében a szórás jóval kisebb, mint az ipari szennyvíz esetében. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a kommunális szennyvíz esetében a TOC elég nagy valószínűséggel a KOI 4,05-szöröse körül lesz a 3. táblázat alapján.

3. táblázat: A KOI és a TOC összefüggése a szennyvízben [25]

Megnevezés	Kommunális szennyvíz	Ipari szennyvíz	Ipari-kommunális szennyvíz
A vizsgált telepek száma	42	27	69
A mérések száma	258	263	521
KOI / TOC arány középértéke	4,05	3,88	3,98
A középértéktől való eltérés, szórás	371	963	667

A BOI₅ és a TOC összefüggésének tekintetében a szakirodalom több esetet is megkülönböztet a bevezetett szennyvíz paramétereit alapján. A pátyi szennyvíztisztító által fogadott szennyvíz feltételezhetően nem tartalmaz biológiai lebontást gátló anyagot és a nyers szennyvíz BOI₅/TOC aránya az iparági gyakorlat alapján 1,7. A biológiai és a mechanikai lépcső együttes hatásfoka 95%-ra, a TOC lebontás hatásfoka 90%-ra tehető, szintén az iparági gyakorlat alapján. A 4. táblázat a fenti értékeket alkalmazva, egy példán keresztül szemlélteti a BOI₅ és a TOC összefüggését. A BOI₅ mennyisége a nyers szennyvízben (a példa kedvéért) 300 mg/l.

4. táblázat: A BOI és a TOC összefüggése a szennyvízben [26]

Bevezetett nyers szennyvíz	$BOI_5 / TOC = 1,7$ $BOI_5 = 300 \text{ mg/l}$ $TOC = 300 \text{ mg/l} / 1,7 = \sim 180 \text{ mg/l}$
Biológiai lépcső	$\eta_{BOI_5} = 95\%$ $\eta_{TOC} = 90\%$
Elfolyó tisztított szennyvíz	$BOI_5 = 1 - (300 \text{ mg/l} \cdot 0,95) = 15 \text{ mg/l}$ $TOC = 1 - (180 \text{ mg/l} \cdot 0,90) = 18 \text{ mg/l}$ $BOI_5 / TOC = 15 \text{ mg/l} / 18 \text{ mg/l} = 0,83$

A vizsgálatok alapján egy átlagos (tehát például toxikus anyagokkal legfeljebb csak kis mértékben terhelt) szennyvíztisztító esetében a TOC görbe lefutása jól követi a BOI_5 görbe lefutását, ezért a hosszadalmas BOI vizsgálat kiváltható a TOC mérésével. [26]

BOI_5 / KOI és BOI_5 / TOC arányok összefüggése az 5. táblázat szerint alakul.

5. táblázat: A BOI, a KOI és a TOC összefüggése a szennyvízben [27]

Paraméter	Nyers szennyvíz	Tisztított szennyvíz	
		Terhelés: 0,3 kg $BOI_5/\text{kg nap}$	Terhelés: 0,05 kg $BOI_5/\text{kg nap}$
KOI / TOC	3,0-3,5	3,0-3,5	2,9-3,4
KOI / BOI_5	1,6-2,0	3,0-4,0	5,0-10,0
TOC / BOI_5	0,5-0,6	1,0-2,0	1,5-3,0

Látható, hogy a második esetben, tehát kisebb terhelésnél jobbak az arányok, tehát az elfolyó szennyvízben jobban csökken a biológiailag bontható rész (BOI_5) aránya a másik két paraméterhez viszonyítva.

A nyers szennyvizekre jellemzőek még a BOI_5 / KOI : 0,5-0,6 és a BOI_5 / TOC : 1,6-2,0 arányok.

A BOI_5 / TOC és KOI / TOC arányok között lineáris kapcsolat van. A regressziós egyenes egyenlete:

$BOI_5 / TOC = 0,46 + (0,35 \cdot KOI / TOC)$, ebből adódik a $BOI_5 = 1/2 TOC + 1/3 KOI$ közelítés. [28]

3.2.2 A tápanyagháztartás jellemzői

3.2.2.1 Nitrogénformák

A vizekben a nitrogén öt különböző alakban fordul elő:

- Molekuláris vagy elemi nitrogén (N_2), oldott formában.
- Szerves vegyületekben (például fehérjék bomlástermékeiben (aminosavak, karbamid, metilamin, stb.) oldott vagy alakos állapotban.
- Ammónia formájában – disszociálatlan, szabad ammónia (NH_3) vagy ammónium-ion (NH_4^+) – gyakran szilárd részecskék felületére adszorbeálódva.
- Nitritként, mint NO_2^- -ion, savas kémhatású vizekben, mint salétromossav (HNO_2).
- Nitrátként NO_3^- -ion alakjában. [29]

Az elemi nitrogén (N_2) a szerves vegyületek alkotóeleme. A nitrogén leginkább a levegőben, kisebb részben pedig a vízben fordul elő. A molekula erős hármass kötése csak nehezen, nagy energia befektetésével szakítható fel, ezért az elemi nitrogén a legtöbb élőlény számára nem megfelelő nitrogénforrás. A növények és baktériumok közvetlenül csak ammóniát (NH_3), nitritet (NO_2^-) és nitrátot (NO_3^-) tudnak hasznosítani. A molekuláris nitrogén a természetes (például a kéalgák és egyes baktériumok nitrogénkötése) vagy a mesterséges (például a műtrágyagyártás során) nitrogénkötési folyamatok következményeként szerves formában kötött nitrogénné alakul.

A szerves formában kötött nitrogént ammonifikáló baktériumok (például a *Pseudomonas*) alakítják át ammóniává – vizes közegben ammónium-ionná (NH_4^+) – elpusztult növények vagy állatok lebontásakor. [31]

A nitrogénformák közül az ammónia az, amely oldott gáz formában jelenik meg a vízben. Az NH_3/NH_4^+ formák aránya függ a pH-tól – a pH növekedésével nő a szabad ammónia aránya –, az oldott oxigén és a szabad szén-dioxid mennyiségétől, a keménységtől, a lúgosságtól és a szalinitástól is. A szabad ammónia képes áthatolni a sejtfalon, ezért erősen káros a szervezetekre, az ammónium-ion ezzel szemben veszélytelen. [29]

Az ammónia a szerves nitrogénvegyületek bomlásának az eredménye, ezért, ha természetes vízben kimutatható, az szerves anyagok jelenlétét jelzi, amelyek a felszíni vizekbe kommunális és bizonyos ipari szennyvizekkel, műtrágyákból kioldódva, illetve állattartó telepeken képződő hígtrágya és trágyalé bemosódásával jutnak be.

Az ammóniát bizonyos baktériumok (például a Nitrosomas) először nitrit-ionná, majd más baktériumok (például a Nitrobacter) nitrát-ionná oxidálják. A folyamatban résztvevő baktériumokat nitrifikáló baktériumoknak nevezzük. A reakció első lépése lassan, második lépése viszont gyorsan megy végbe, ebből két következtetés vonható le:

- Az ammónia jelenléte viszonylag friss szennyezésre utal, hiszen még nem történt meg a teljes nitrifikáció.
- A nitrit nem tud felhalmozódni a vízben, hiszen gyorsan nitráttá alakul.

Az ammónia-nitrit-nitrát átalakítást végző baktériumok hőigénye különböző. A nitritképző baktériumok nem tűrik a hideget, viszont az ammonifikáló baktériumok nem ennyire érzékenyek, ezért hidegben a szerves anyagok bomlásának folyamata az ammóniánál áll meg. Ez a szennyezések eredetének vizsgálatánál lehet fontos, hiszen nem mindegy, hogy eredendően ammónia került-e a víztestbe vagy pedig szerves anyag, ami az alacsony hőmérséklet miatt nem bomlott el teljesen.

A nitrifikáló baktériumok ráadásul elég érzékenyek, például a vas már kis mennyiségben is serkenti, a mangán lassítja, egyes szerves anyagok (például a csersav és származékai, humuszanyagok) pedig egyenesen gátolják a működésüket.

A nitrogénspektrum, tehát a nitrogénformák mennyiségének és arányának pontos meghatározása elengedhetetlen a vízminősítés során.

A magas összes nitrogént vagy bőséges külső forrás, vagy élénk nitrogénkötés okoz. A magas nitrátszint növeli az algafejlődés és az eutrofizálódás veszélyét. [29]

A nitrátion nem kötődik a talajszemcsékhez, a talajvízzel, a csapadékkal való bemosódás következtében bekerülhet a felszíni vízbe is. [21][23]

3.2.2.2 Foszforformák

A foszfor az élőlényeket felépítő többi anyaghoz képest nagyobb arányban fordul elő a szervezetek testében, mint a környezetben. A foszfor a bioszférában kizárólag kötött és teljesen oxidált formában van jelen, mert a többé-kevésbé redukált foszforvegyületek nem állandóak és ritkák.

A természetes vizekben a foszfor oldott és oldhatatlan, szerves és szervetlen vegyületek formájában található, ennek megfelelően ortofoszfátion, szerves foszforvegyületek és különböző kondenzáltságú polifoszfátok mutathatóak ki, általában kis mennyiségben. A

polifoszfát molekula ibolyántúli sugárzás hatására vagy megfelelő oxidálószerekkel kezelve ortofoszfát molekulákká esik szét. Az ultrafoszfátok vizes oldatban rendkívül bomlékonyak. A szervesen kondenzált foszfátok (például a polifoszfát) és a szerves ortofoszfátok (például a cukorfoszfátok, a foszforamidok és a foszforproteinek) nem reaktívak, tehát az élőlények nem tudják közvetlenül hasznosítani őket.

A szennyvizekből vagy a talajból a vízbe szivárgó szerves vegyületek bontását a baktériumok végzik, közben a szerves foszforvegyületeket szervesen foszfáttá (reaktív foszfor, ortofoszfát, PO_4^{3-}) alakítják. A szennyvizekből közvetlenül is a természetes vizekbe jut a szintetikus mosószerekhez – a vízkeménység eltávolítására – adagolt polifoszfát.

A vízben oldott szervesen (reaktív) foszfor az autotróf növények és a baktériumok fontos tápanyaga. Az oldott, kondenzált (poli-, meta- és ultra-) foszfátokat bakteriális lebontás után az algák, a szerves kötésű foszfort az állati szervezetek hasznosítják. A lebontást gyorsítja a magasabb hőmérséklet és pH, illetve egyes enzimek.

Természetes vizekben az oldott reaktív foszfor általában hamar lebontásra kerül, míg az oldott nem reaktív frakció mennyisége közel állandó marad. [23][29]

3.2.3 Mikrobiológiai jellemzők

A mikrobák valódi élettere a vizes közeg: még a talajban is kötött vízben vagy pórusvízben élnek. Ebből adódóan a víz mikrobiológiai minőségének vizsgálata különösen fontos lehet bizonyos esetekben, például emberi fogyasztásra igénybe vett vizek esetében, hiszen a vízzel terjedő betegségek még napjainkban is közegészségügyi problémát jelentenek világszerte. A természetes vizek minősége a halobitás, a trofitás, a szaprobitás és a toxicitás paraméterekkel jellemezhető. [23]

3.2.4 Mikroszennyezők

A mikroszennyezők bár kis mennyiségben vannak jelen a vízben, a hatásuk nagy. Nagyrészt szerves anyagok: különféle mérgek, íz- vagy szagrontó anyagok, rákkeltő vegyületek. A mikroszennyezők környezetbe jutása és feldúsulása civilizációs probléma, jelenlétük veszélyezteti a vízi életet és a vizet használó embert egészségét és életét is. [29]

3.2.5 Egyéb jellemzők

3.2.5.1 Sűrűség, viszkozitás, hőmérséklet

A vizek sűrűsége és viszkozitása befolyásolja a különböző transzportfolyamatokat, az áramlásokat és az ülepedést.

A hőmérséklet az oldódási folyamatokban játszik nagy szerepet, a van't Hoff-törvény alapján a hőmérséklet 10 °C-os emelése a biokémiai reakciósebességet 2-3-szorozása növeli bizonyos hőmérsékleti tartományban. [31]

3.2.5.2 *Lebegőanyag-tartalom*

A vízben levő anyagok lehetnek oldott- vagy lebegőanyagok. A vizek lebegőanyag-tartalmát az ülepedőképes, illetve a kolloid méretű részecskék adják; ezek a részecskék lehetnek szervetlen (például hordalék) vagy szerves (például élő szervezetek) eredetűek.

A zavarosságot az oldhatatlan kolloid méretű anyagok okozzák: felszíni vizeknél rendszerint a szerves kolloidok, a mikroorganizmusok, a vas-hidroxid, az iszap, a talajjalkotók, a kovasav és a planktonok, felszín alatti vizeknél pedig főleg az oldhatatlan ásványi anyagok.

Az oldott anyagokat főleg a vízben jelenlevő ásványi sók alkotják, de a felszíni vizekben oldott szervesanyag is jelen van.

Nagy szennyezettségű vizek esetében a lebegőanyag-tartalom nagy részét a kiülepedő rész adja, így például Imhoff-kehelyben kiülepítve az üledéktérfogattal jellemezhető. [21]

3.2.5.3 *Szín*

A víz színét a benne oldott kémiai komponensek határozzák meg, ennek megfelelően a tiszta víz színtelen, nagy tömegben pedig kéknek látszik. Felszíni vizek esetében a szín a szennyeződések indikátora: az oldott vasvegyületek vöröses vagy vöröses-barnás, a huminanyagok barna vagy sötétbarna, az elszaporodott algák pedig zöldes elszíneződést okoznak. [23]

3.2.5.4 *Íz, szag*

A víz ízét és szagát is az oldott komponensek határozzák meg, ezért a tiszta víz íztelen és szagtalan, Bizonyos szennyeződések (például szerves anyagok bomlástermékei, fenol, merkaptán, kátrány, acetilén) jellegzetes szaghatást okoznak. Egyes mikroorganizmusok (például vaskbaktériumok) is befolyásolhatják a víz ízét és szagát. A vízben oldott ásványi sók kellemes, a szerves anyagok viszont kellemetlen ízt adnak a víznek. [23]

3.2.5.5 *Átlátszóság*

Az átlátszóság a fényáteresztés mértéke. A vízben oldott és lebegő anyagok befolyásolják a vízoszlopon áthaladó fény intenzitásának csökkenését.

Ha az átlátszóság mérése Secchi-koronggal történik, akkor a mérőszáma a Secchi-mélység, amely azt a mélységet jelenti, ahol már nem látszik a korong. [29]

3.2.5.6 Zavarosság

A zavarosságot a részecskék fényelnyelése és fényszórása eredményezi, de értéke önmagában nem fejezi ki a vízben jelen levő lebegőanyagok (például szerves anyagok, planktonok, mikroorganizmusok) mennyiségét, mert az nem csak a részecskék koncentrációjától, hanem a részecskék tulajdonságaitól (alak, méret, fénytörő képesség) is függ; ezzel együtt tájékoztató adatnak megfelelő lehet. [21]

A zavarosság meghatározására a nefelométer szolgál, ami a lebegő részecskék által szórt fényt méri. Az eredményt NTU-ban (Nephelometric Turbidity Unit) adják meg.

3.2.5.7 Kémhatás

A vizek kémhatását számszerűen a pH-val fejezzük ki. A pH az oxóniumion koncentrációjának tízes alapú negatív logaritmus. A kémhatás ismerete elengedhetetlen a vízben lejátszódó természetes folyamatok megértéséhez, hiszen például

- a szén-dioxid-formák előfordulásának aránya a víz pH-jától függ: a pH emelkedésével csökken a szabad CO_2 -tartalom és nő a hidrogén-karbonát mennyisége,
- az $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ formák aránya is a pH-tól függ: a pH növekedésével nő a szabad ammónia aránya is és
- az oldott, kondenzált (poli-, meta- és ultra-) foszfátok bakteriális lebontásának sebessége nő a pH növekedésével.

A folyamatok is visszahatnak a pH-ra, például a nitrifikáció során (a keletkező hidrogénionok miatt) csökken a pH, a fotoszintézis viszont növeli azt.

A fentiekből az is következik, hogy a kémhatás alapvető információ akkor is, ha a víz kezelése vagy felhasználása, illetve, ha az ökológiai egyensúly fenntartása a cél.

A felszíni vizek kémhatása általában semleges vagy enyhén lúgos.

A kémhatás pH-papírral vagy elektrokémiai úton határozható meg. [21]

3.2.5.8 Fajlagos vezetőképesség

A fajlagos vezetőképesség az oldat fajlagos elektromos ellenállásának a reciproka és a víz elektrolit- (disszociálni képes, elsősorban szerves komponensek) mennyiségét jellemzi,

konduktométerrel mérhető. A vezetőképességet két, egyenként 1 cm^2 felületű, egymástól 1 cm távolságú elektród közötti oldatra vonatkozik és függ a minta hőmérsékletétől, összetételétől és koncentrációjától, ezért ahhoz, hogy a különböző értékek összehasonlíthatóak legyenek egymással, azonos hőmérsékletű (egyezményesen $20\text{ }^\circ\text{C}$ -os) mintákat kell mérni vagy a mért eredményeket kell átszámolni $20\text{ }^\circ\text{C}$ -ra (minden $^\circ\text{C}$ -nyi hőmérséklet-emelkedéssel kb. 2% -ot nő a vezetőképesség). A modernebb készülékek szerencsére mérik a minta hőmérsékletét és sótartalmát is és automatikusan elvégzik a szükséges korrekciókat, ezért nem kell explicit számításokat végezni. [23]

A tiszta víz – molekuláris szerkezetének köszönhetően – nagy dielektromos állandóval rendelkezik, így kicsi a vezetőképessége. (A vízmolekula dipólus, az oxigén-vége negatív, a hidrogén-vége pozitív töltésű. Az oxigén-vég a saját két hidrogénatomján kívül magához vonzza másik két szomszédos hidrogénatomját is és kialakul egy speciális tetraéderes szerkezet. Ez a szerkezet az oka az alacsony vezetőképességnek. Minél alacsonyabb a hőmérséklet, annál több tetraéder alakú szerkezet jön létre.) Ebből következően, a víz vezetőképessége arányos a vízben oldott sók mennyiségével. [29] A természetes vizekben az anionok közül a legnagyobb koncentrációban a kloridion van jelen. A kloridion egyfelől a talajban és a kőzetekben megtalálható sókból oldódik ki, másfelől antropogén eredetű forrásokból kerül a vizekbe. [23]

A fajlagos vezetőképesség értéke a folyóvizek esetében általában a $10\text{-}1000\text{ }\mu\text{S/cm}$ tartományba esik, de szennyezett vizek esetében ez az érték jelentősen több is lehet. [32]

3.2.5.9 Összes keménység

A természetes vizek különféle oldott sókat tartalmaznak (például Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-}). A víz keménység a kalcium- (Ca^{2+}) és magnéziumionok (Mg^{2+}) adják. Ezek az ionok a leggyakrabban hidrogén-karbonát (HCO_3^-), klorid- (Cl^-), szulfátionokkal (SO_4^{2-}) kapcsolódnak. A hidrogén-karbonátok forralás hatására úgy bomlanak, hogy a Ca^{2+} és az Mg^{2+} ionok kiválnak az oldatból, miközben CO_2 fejlődik és H_2O marad vissza. A víz változó (karbonátos) keménysége az a kalcium- és magnéziummennyiség, ami forralással eltávolítható a vízből. Az oldott kalciumnak és magnéziumnak az a része, amely más ionokhoz (például kloridokhoz vagy szulfátokhoz) kapcsolódik, adja az állandó (nemkarbonátos) keménységet. Az állandó és a változó keménység összege az összes keménység. [23]

3.2.5.10 Mángán

A mangan nyomelem, minden felszíni vízben megtalálható, általában rendkívül kis mennyiségben (literenként néhány µg). Vízben oldhatósága a pH függvénye, a felszíni vizekre jellemző pH-n nagyon kicsi. A mangan jelenléte már kis mértékben is lassítja a nitrifikáció folyamatát. [29]

3.2.6 Vízhőminőségi osztályok

Az MSZ 12749:1993 jelű szabvány a következő vízminőségi osztályokat határozza meg [30]:

1. Vízminőségi osztály (kiváló víz) Mesterséges szennyező anyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, az oldott anyagtartalom kevés, közel teljes az oxigén telítettség, a tápanyagterhelés csekély és szennyvíz baktérium gyakorlatilag nincs. A vízi közösséget és élőhelyeiket értékelve enyhe vagy nem kimutatható emberi hatás. A bióta természete (összetétele és diverzitása) és státusza (produktivitás) azt tükrözi, hogy természetes társulásról van szó és az élőhely érintetlen. Gyakorlatilag a természetes állapot.
2. Vízminőségi osztály (jó minőségű víz) Külső szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt, mezotróf jellegű víz. A vízben oldott és lebegő, szerves és szervetlen anyagok mennyisége, valamint az oxigén háztartás jellemzőinek évszakos és napszakos változása az életfeltételeket nem rontja. A vízi szervezetek fajgazdasága nagy, egyedszámuk kicsi, beleértve a mikroorganizmusokat is. A víz természetes szagú és színű. Szennyvíz baktérium kevés. A közösségben és az élőhelyen kimutatható, de enyhe zavaró hatás. A bióta a zavarás hatásait mutatja, de a vizes élőhely természetes regenerációs képességét nem veszítette el, így a közösség és az élőhely csak enyhe módosulást mutat a természetes állapotokhoz képest.
3. Vízminőségi osztály (tűrhető minőségű víz) Mérsékleten szennyezett víz, amelyben biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofozálódást eredményezhet. Szennyvíz baktériumok következetesen kimutathatók. Az oxigénháztartás évszakos és napszakos ingadozása és az esetenként előforduló káros vegyületek átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremthetnek. Az életközösségekben a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszíneződést is előidézhet. Esetenként szennyeződésre utaló szag és szín is előfordul. A közösségben és az élőhelyen kimutatható, de enyhe zavaró hatás. A bióta a zavarás hatásait mutatja, de a vizes élőhely természetes regenerációs képességét nem veszítette el, így a közösség és az élőhely csak enyhe módosulást mutat a természetes állapotokhoz képest.
4. Vízminőségi osztály (szennyezett víz) Külső eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, illetve szennyvizekkel terhelt, tápanyagokban gazdag víz. Az oxigénháztartás tág határok között változik, előfordul az anaerob állapot is. A nagy mennyiségű szerves anyag biológiai lebontása, a baktériumok nagy, valamint az egysejtűek tömeges előfordulása jellemző. A víz zavaros, esetenként színe változó, előfordulhat vízvirágzás is. A biológiailag káros anyagok koncentrációja esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti. Ez a vízminőség kedvezőtlenül hat a magasabb rendű vízi növényekre és a soksejtű állatokra. A közösség és élőhely súlyos módosulást mutat, a közösség elég nagy módosulást mutat a várható, zavarásmentes természetes közösségekhez képest. Nagy mennyiségben tartalmaz szennyezőanyagot és szennyvízbaktériumokat.
5. Vízminőségi osztály (erősen szennyezett víz) Különbőféle eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvíz baktérium tartalma közelíti a nyers szennyvizekéhez. A biológiailag káros anyagok és az oxigénhiány korlátozzák az életfeltételeket. A víz átlátszósága általában kicsi, zavaros, bűzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára krónikus, esetenként akut toxikus szintet jelent. Csak néhány stressz hatást szélsőségesen elviselő szervezetet lehet kimutatni, vagy az illető vizes élőhelyen kimutatható élő szervezet nincs.

3.3 Víz Keretirányelv (VKI)

A víz nélkülözhetetlen az élethez, de korlátos erőforrás. Azért, hogy a jelenleg és a jövőben felmerülő igényeket ki lehessen elégíteni, meg kell óvni a felszíni és a felszín alatti vizek állapotát és bizonyos esetekben, lépéseket kell tenni azért, hogy az állapotuk javuljon. [33]

Az Európai Unió az elmúlt évtizedekben számos olyan irányelvet dolgozott ki, amely a környezet – és ezen belül a vízi környezet – védelmére vonatkozott. A vízi környezet szempontjából a legfontosabb ilyen irányelv a 2000-ben hatályba lépett 2000/60/EK Víz Keretirányelv (VKI), amelynek célja, hogy a vizek 2015-re „jó állapotba” kerüljenek: magában foglalja a vízminőségvédelem és a fenntartható vízhasználatok alapelveit és jogi keretet ad a szárazföldi felszíni és felszín alatti vizek, az átmeneti vizek, a parti tengervizek védelméhez. A „jó állapot” egyaránt jelenti a víz tisztaságát, a vízhez kötődő élőhelyek minél zavartalanabb állapotát és a megfelelő vízmennyiséget is. [33]

Mivel az Európai Unió irányelvei az elérendő célok tekintetében – a megvalósítás módszerei és eszközei megválasztásának szabadságának meghagyása mellett – kötelezik a tagállamokat, ezért ez a dokumentum stratégiai jelentőségű a magyar vízgazdálkodás szempontjából. [33]

A Víz Keretirányelv általános célkitűzései a következők:

- a vizekkel kapcsolatban lévő élőhelyek védelme, állapotuk javítása,
- a fenntartható vízhasználat elősegítése a hasznosítható vízkészletek hosszú távú védelmével,
- a vízminőség javítása a szennyezőanyagok kibocsátásának csökkentésével,
- a felszín alatti vizek szennyezésének fokozatos csökkentése, és további szennyezésük megakadályozása,
- az árvizeknek és aszályoknak a vizek állapotára gyakorolt kedvezőtlen hatásainak mérséklése. [33][34]

Az általános célkitűzések mellett további, ún. környezeti célkitűzések is történtek. A felszíni vizekre ezek a következők:

- a víztestek állapotromlásának megakadályozása;
- a természetes állapotú felszíni víztestek esetén a jó ökológiai és jó kémiai állapot megőrzése vagy elérése (vagy a kiváló állapot megőrzése);

- az erősen módosított vagy mesterséges felszíni víztestek esetén a jó ökológiai potenciál (a hatékony javító intézkedések eredményeként elérhető állapot) és jó kémiai állapot elérése;
- az elsőbbségi anyagok által okozott szennyeződések fokozatos csökkentése és a kiemelten veszélyes anyagok bevezetéseinek, kibocsátásainak és veszteségeinek megszüntetése vagy fokozatos kiiktatása. [33][34]

A célok eléréséhez szükséges információkat és intézkedéseket a vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT) tartalmazza. Az első vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT1) 2010-ben készült el. A VKI előírásai szerint a terveket 6 évente felül kell vizsgálni. Ennek megfelelően a VGT2 2015-ben, a jelenleg érvényes VGT3 pedig 2021 végére készült el. A VGT3-at a Kormány a 1242/2022. (IV. 28.) számú határozatával hirdette ki, a 2021-2027 közötti időszakra vonatkozó intézkedési programot határozza meg. [35]

A vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT) legfontosabb részei:

- vízgyűjtő vagy részvízgyűjtő általános leírása (például természeti környezet, társadalmi és gazdasági viszonyok, víztestek jellemzése)
- emberi tevékenységből eredő terhelések és hatások (például pontszerű és diffúz szennyezőforrások, vízkivételek)
- védelem alatt álló területek (például ivóvízkivételek védterületei, tápanyag-érzékeny területek)
- monitoring hálózatok és programok
- a vizek állapotának értékelése (például a vízfolyás víztestek ökológiai állapotának minősítése, a víztestek állapotával kapcsolatos problémák és azok okai)
- környezeti célkitűzések (például mentességek és új fejlesztések)
- intézkedési programok (például a fenntartható vízhasználat megvalósítását vagy a tápanyag- és szervesanyag terhelések csökkenését célzó intézkedések). [33][34]

A VGT elsősorban azoknak a szabályozásoknak és programoknak az összefoglalása, amelyek biztosítják a környezeti célkitűzések elérését, tehát koncepcionális és stratégiai terv, nem pedig egy – a megvalósítás részleteit tartalmazó – operatív terv. [33]

3.3.1 VKI monitoring

A VKI célja, hogy vizeink „jó állapotba” kerüljenek. Mind a cél eléréséhez szükséges intézkedések meghatározásának, mind pedig a cél elérésére irányuló vizsgálatának a kiindulópontja a monitoring hálózat működésén alapuló állapotértékelés.

Egy adott állapot mindig bizonyos jellemzők összességét jelenti, ennek megfelelően az állapotértékeléshez első lépésként definiálni kell az állapotokat, a vizsgálandó jellemzőket és az egyes állapotokhoz tartozó – az adott jellemzőre vonatkozó – értékhatárokat. A monitoring keretében ezeknek a jellemzőknek a rendszeres mérése és vizsgálata történik. A vizsgálat során lehetséges megállapítani, hogy egy-egy mért érték hogyan viszonyul a korábban meghatározott értékhatárokhoz és ezáltal meghatározható, hogy a vizsgált víztest milyen állapotban van. Mivel a monitoring általában rendszeresen és hosszabb időn át történik, a pillanatnyi állapot meghatározásán kívül lehetséges a rövid- és hosszútávú tendenciák felderítése is.

A VKI szerint, ún. többszintű monitoring rendszer a következő részekből áll:

- A feltáró monitoring (surveillance monitoring) a vizek általános állapotértékelésére, jellemzésére irányul, akár csak a korábbi országos és regionális törzshálózati monitoring.
- Az operatív monitoring (operational monitoring) keretében a veszélyeztetettnek tekintett vizek vizsgálata és az intézkedések eredményességének ellenőrzése történik.
- A vizsgálati monitoring (investigative monitoring) azokban az esetekben szükséges,
 - ha valamilyen határérték túllépésének az oka ismeretlen, vagy
 - ha egy rendkívüli esemény következményeit kell megismerni, vagy
 - ha operatív monitoring még nem üzemel, de adatok gyűjtésére van szükség.[33]

A felszíni vizek monitoringja során az ökológiai és a kémiai állapot szempontjából indikatív biológiai elemek és speciális veszélyes anyagok, valamint az ökológiai állapotot befolyásoló fizikai, kémiai paraméterek és hidromorfológiai jellemzők meghatározására kerül sor:

- A biológiai vizsgálat során a lebegő életmódot folytató algák (fitoplankton), a makroszkópikus vízi lágyszárú növényzet (makrofíton), az aljzaton, vagy egyéb

szilárd felületen bevonatot képző algák (fitobenton), a fenéklakó makroszkópikus vízi gerinctelenek (makrozoobenton), és a halak vizsgálata történik.

- A fizikai-kémiai vizsgálatok az oxigénellátottsági viszonyokra (szervesanyag-tartalom), a sótartalomra, a savasodási állapotra (pH) és a tápanyagviszonyokra terjednek ki.
- A hidromorfológiai vizsgálatok a hosszirányú átjárhatóságra, a vízjárás és sebességviszonyokra, a keresztirányú átjárhatóságra és a parti sáv állapotára, a mederviszonyokra és a felszín alatti vizekkel való kapcsolatra fókuszálnak.
- Az egyéb specifikus elemek vizsgálata bizonyos fémek koncentrációját célozza. [33]

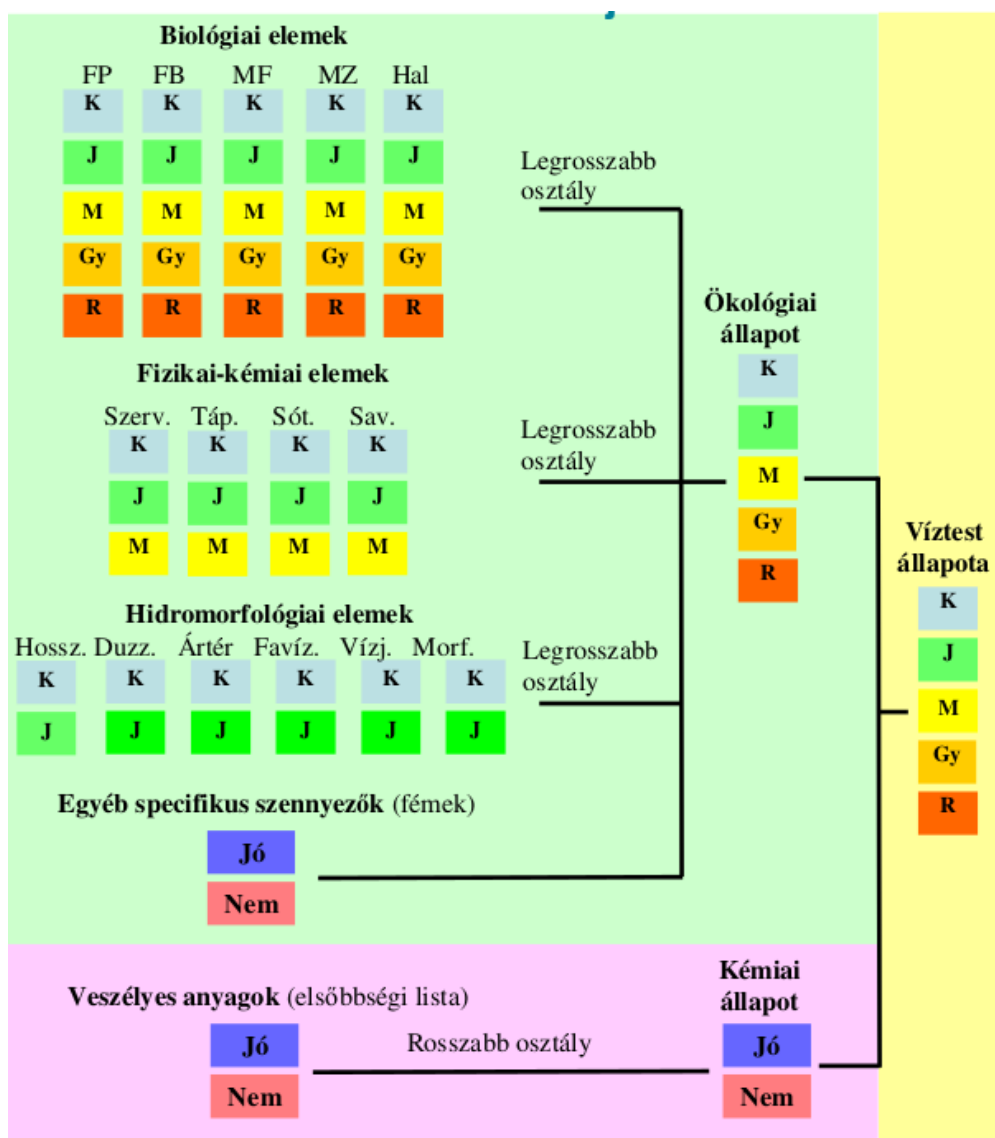
A monitoringot lehetőség szerint a rendelkezésre álló nemzetközi (ISO, CEN) vagy az ekvivalens magyar (MSZ) szabványok alapján kell végezni, hiszen csak így biztosítható a megfelelő minőségű és összehasonlítható adatok előállítása. [33]

3.3.2 *Vízminőségi állapotértékelés*

A VKI életbe lépése előtt a már említett MSZ 12749:1993 számú szabvány (bővebben lsd. a 3.2-es fejezetben) definiálta a felszíni vizek vízminőségi vizsgálati rendszerét és az öt minősítési osztályt. A VKI implementálása ennek a rendszernek a bővítését eredményezte, az előírásokat „a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól” szóló 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet [36] tartalmazza.

A felszíni vizek VKI szerinti állapotértékeléséhez a tagállamoknak referencia feltételeket és ökológiai osztályhatárokat kellett meghatározni minden víztípusra és minőségi elemre. Az országfüggetlen osztályozási rendszerek az ún. interkalibrációs folyamat során kerülnek összehasonlításra.

A minősítési rendszert a 3. ábra mutatja be.



3. ábra: Állapotértékelés a VKI szerint [33]

A víztest végső állapotát az ökológiai és a kémiai állapot együtt határozza meg (az elemcsoportok bemutatása a 3.3.1-es fejezetben található). Az ökológiai állapot minősítése 5 osztályos (kiváló – jó – mérsékelt – gyenge – rossz) skálán, a monitoring során mért értéknek a víztípusra jellemző, az antropogén szennyezésektől, hatásoktól kvázi mentesnek tekinthető referencia állapothoz történő viszonyításával történik. Az ökológiai állapotot főképp a biológiai minősítés határozza meg, de a többi szempont is befolyásolja azt.

A kémiai állapot minősítése attól függ, hogy a víztest megfelel-e az EU szinten rögzített veszélyes anyag lista (ún. „elsőbbségi lista”) minden elemének tekintetében az EU szinten rögzített környezetminőségi határértékeknek. Ha megfelel, akkor a víztest jó állapotú, egyébként pedig nem jó. [33]

3.3.3 A Füzès-patak a VKI tükrében

A VGT1-ben a Füzès-patak AEP495 kódon szerepelt, de a VGT2 és a VGT3 már a Benta-patakkaal együtt tartja nyilván, a víztest kódja AOH638. A VGT a Füzès-patakot az erősen módosított víztestek közé sorolja a fenéklépcsők, a szabályos trapézmeder, és a szabályozott, helyenként burkolt meder miatt. Főbb jellemzőit a 6. táblázat mutatja be:

6. táblázat: A Füzès-patak értékelése a VGT1-ben [33]

Jellemző	Érték
Víztest típusa	8 (dombvidéki – meszes – közepes-finom – kicsi vízgyűjtő)
Magassági kategória	dombvidék
Geológiai kategória	meszes
Méret kategória	S
Víztest közvetlen vízgyűjtője [km ²]	33,83
Víztest teljes vízgyűjtője [km ²]	33,83
Közvetlen vízgyűjtő 1991-2000 évi átlagos fajlagos lefolyása [l/s/km ²]	907
Közvetlen vízgyűjtő 1991-2000 évi átlagos lefolyása, középvízhozam (KÖQ) [m ³ /s]	0,0307
Közvetlen vízgyűjtő 1991-2000 évi mértékadó kisvízi lefolyása, Qaug80 [m ³ /s]	0,0030
Közvetlen vízgyűjtő ökológiai kisvízi lefolyása [m ³ /s]	0,0015

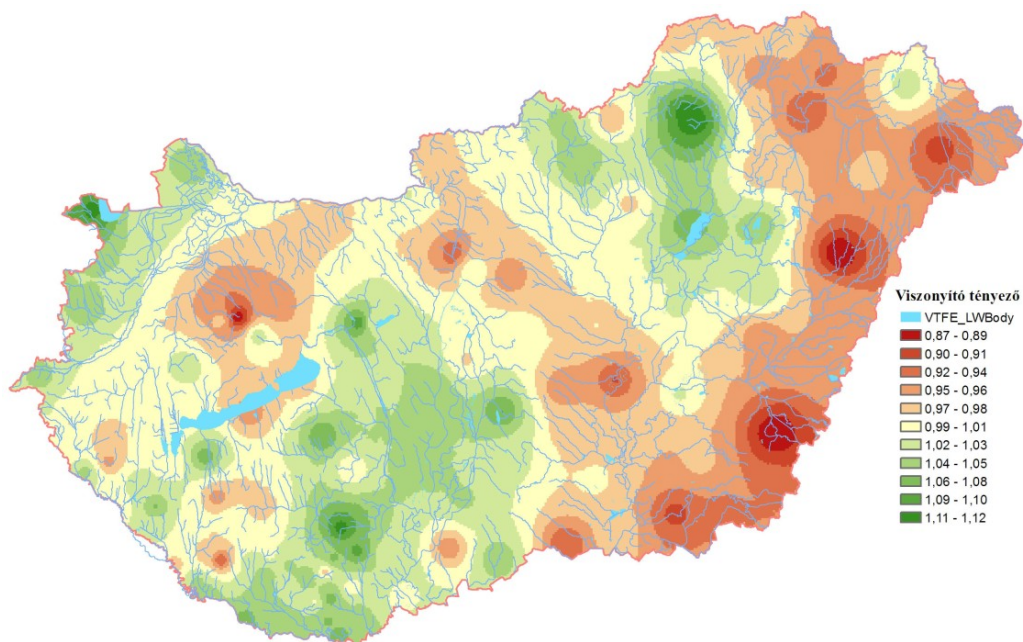
A fenti adatok, valamint a részletes domborzati térkép [37] segítségével kalkulálható a vízgyűjtőnek a pátyi szennyvíztisztító telep beeresztési pontja fölé eső területe, ami 10,67 km². A telep alá 23,16 km² esik.

Egy vízgyűjtő hidrológiai viszonyairól elsődlegesen a természetes lefolyás jellemzői adnak információt. A természetes lefolyás – elnevezéséből adódóan – feltételezi, hogy a vizsgált vízgyűjtő semmiféle antropogén hatásnak (például területhasználatnak, vízkivételnek, vagy szennyvízbevezetésnek) nincs kitéve, azonban ilyen érintetlen alig terület létezik. Az antropogén hatásnak kitett vízgyűjtőknél a minél pontosabb eredmény elérése érdekében a ténylegesen mért lefolyásadatokat korrigálni kellene az antropogén hatásokra vonatkozó információkkal, azonban az elmúlt évtizedek gyakorlata – főképp ezeknek a hatásoknak a pontos és számszerű feltérképezésének hiánya miatt – nem különböztette meg a lefolyást alakító tényezőket, ezért a fenti számok is azt a megközelítést tükrözik, amely a ténylegesen mért lefolyásadatokat tekinti a természetes lefolyás jellemzőinek. A sokéves átlagos lefolyás az adott időszakban mért lefolyásadatokat számtani közepe.

A vízfolyásokban az év kétharmadában a sokéves középvízhozam 10-50%-a a lefolyás, tehát a VKI szerinti jó állapotnak kisvízi lefolyási körülmények között kell teljesülnie. A jó ökológiai állapothoz mindig rendelkezésre kell állnia annak a vízmennyiségnek, amely szükséges a vízi élővilág fennmaradásához, a jó kémiai állapot eléréséhez pedig arra van szükség, hogy a vízfolyás vízmennyisége és a szennyezőanyagok mennyiségi terhelése együtt megfelelő koncentrációt eredményezzen. A kisvízi lefolyás két jellemzője

- az augusztus hónap folyamán 80%-os tartóssággal előforduló napi középvízhozam (Q_{aug80}), és
- az ökológiai kisvíz, tehát az ökológiai szempontból minimumnak tekintett lefolyás. (Ennél kisebb vízhozam nem elég az ökoszisztéma fennmaradásához, mert például nem mennek végbe azok a folyamatok, amelyek ahhoz szükségesek lennének.)

Az adatok könnyebb összehasonlíthatóságának érdekében a VGT készítői matematikai módszerekkel meghatározták, hogy két időszak – 1971-2000 és 1991-2000 – fajlagos lefolyás adatai hogyan aránylanak egymáshoz. Feltételezve, hogy a lefolyási értékek közötti különbséget kizárólag klimatikus okok eredményezték, az adott időszakokra vonatkozó csapadék mennyiségének és területi eloszlásának figyelembevételével kiszámítható az arányosítási tényező a lefolyási értékekre, ezt a 4. ábra mutatja:



4. ábra: Az 1991-2000 időszak fajlagos középvízhozamainak viszonyító tényezője az 1971-2000 időszak hasonló jellemzőjéhez [33]

A Fűzes-patak vízgyűjtőjére ez az érték 0,98, ami azt jelenti a gyakorlatban, hogy a fajlagos lefolyás a vizsgált területen csökkent. Nincs okunk azt feltételezni, hogy a tendencia a 2000 óta eltelt 22 évben megváltozott volna, így a jelenlegi lefolyási értékek az arányosítási tényező segítségével becsülhetők. Az általam ez alapján számított lefolyási értékeket a korábban VGT-ben meghatározott adatokkal együtt a 7. táblázat tartalmazza:

7. táblázat: A lefolyási értékek alakulása a vizsgált időszakokban

	1971-2000	1991-2000	2001-2022
Közvetlen vízgyűjtő átlagos fajlagos lefolyása [l/s/km ²]	0,935	0,907	0,880
Közvetlen vízgyűjtő átlagos lefolyása, KÖQ [l/s]	31,630	30,681	29,761
Közvetlen vízgyűjtő mértékadó kisvízi lefolyása, Qaug80 [l/s]	3,098	3,005	2,915
Közvetlen vízgyűjtő ökológiai kisvízi lefolyása [l/s]	1,548	1,502	1,457

3.4 Szennyezésszabályozás

3.4.1 A szennyezések fajtái

A vízszennyezés lehet pontszerű vagy nem pontszerű (diffúz). A pontszerű szennyezés a víztest egy jól meghatározott pontján történik, helyhez kötött, ezért jól lokalizálható és a hatása is jól mérhető. A szennyezés csökkentésére vagy megszüntetésére irányuló szabályozások és beavatkozások pontosan meghatározhatóak. Pontszerű szennyező lehet egy üzem, amely a tisztítatlan szennyvizet egy csővezetéken keresztül a patakba engedi.

A diffúz szennyezés nagy területen szétterül, ezért a forrása nehezen (néha sehogy sem) azonosítható. Általában időben szakaszosan éri el a víztestet, például nagyobb eső után. Mivel a keletkezés helyét kis eséllyel lehet azonosítani, ezért a szennyezés nyomon követése is nehéz. Ezekből adódóan szintén nehéz meghatározni azokat az intézkedéseket, amelyek a szennyezés csökkentését eredményeznék. A diffúz szennyezés mértéke az esetek többségében nem befolyásolható időjárási eseményektől vagy geológiai adottságoktól függ, ezért nagysága időben és térben jelentősen változhat. Diffúz szennyezést okoznak például a mezőgazdasági területek talajából a talajvízbe kimosódó vegyszerek. A nem pontszerű szennyezések csökkenését a területhasználatok során alkalmazott eszközök, technológiák helyes megválasztásával lehet elérni. [38]

A VGT [33] alapján azokat a jelentős pontszerű antropogén terheléseket kell számba venni, amelyek valószínűleg eléri a felszíni, illetve a felszín alatti víztestet és települési, ipari, mezőgazdasági és más létesítményekből, illetve tevékenységekből származnak. Pontszerű szennyezőforrások a települési szennyezőforrások (települési szennyvíz, városi csapadékvíz), az ipari szennyezőforrások (ipari szennyvíz, használt termálvíz) és a mezőgazdasági szennyezőforrások (állattartó telepek, halászat). A diffúz szennyezések általában intenzív területhasználat (mezőgazdaság, település, erdőgazdálkodás) következményei.

3.4.2 Határértékek

A szennyezésszabályozás – és ezen keresztül a vízminőség-szabályozás – a gyakorlatban a határértékeken keresztül történik. A vízminőségi határérték vonatkozhatnak a befogadóra (ezek az immissziós határértékek) vagy pedig az elfolyó, tisztított szennyvízre (ezek a kibocsátási vagy emissziós határértékek).

A kibocsátásra vonatkozó határérték lehet:

- technológiai határérték, amit a rendelkezésre álló technológiák alapján, a gazdaságosságot is figyelembe véve határoznak meg, vagy
- egyedi határérték, amit a befogadó terhelhetősége, a hígulás mértéke és az öntisztuló képesség figyelembevételével határoznak meg.

A befogadóra vonatkozó határértékek betartása nehezebb, mint a kibocsátási határértékeké, hiszen míg a kibocsátási határértékek pontosan meghatározzák a kibocsátott tisztított szennyvíz paramétereit, addig a befogadóra vonatkozó határértékek csak a befogadóra határoznak meg minőségi követelményeket és ezekhez kell a kibocsátás paramétereit igazítani. Ez azért nem egyszerű, mert a befogadó állapota nem csak a kibocsátástól függ, hanem például a kezdeti állapottól is, ami viszont nagy valószínűséggel változik időben.

A fentiekből következik, hogy a befogadóra megadott határértékek a nehezebb betarthatóság ellenére ökológiai szempontból jobbak és pontosabbak, hiszen a meghatározásuk – a VKI szellemében – a vízminőségi célállapot alapján történik, tehát mindig az adott víztestre, a helyi viszonyok függvényében, egyedileg kerülnek meghatározásra. [33]

A hatályos szabályozás (28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet [39] és a 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet [40]) kibocsátási határértékeket határoz meg, de fontos kiemelni, hogy az egyedi határérték – bár a kibocsátásra vonatkozik, de – valamennyire figyelembe veszi a befogadó terhelhetőségét a területi kategóriákon keresztül.

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet négy vízminőségvédelmi területi kategóriát különböztet meg a befogadó terhelhetősége szempontjából, melyek: 1. Balaton és vízgyűjtője közvetlen befogadói, 2. Egyéb védett területek befogadói, 3. Időszakos vízfolyás befogadó, 4. Általános védettségű kategória befogadói. [39]

A hatóságoknak lehetősége van az említett két jogszabályban meghatározottnál szigorúbb, egyedi határértéket is megállapítani a terhelhetőségi vizsgálat eredményére hivatkozva. A 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet [41] tartalmazza a VGT keretében meghatározott, a víztestekre meghatározott vízminőségi célkitűzéseket. Ezek a határértékek tehát a befogadóra vonatkoznak, nem pedig a emisszióra, így a felsorolt jogszabályok megfelelő alkalmazásával lehetőség van a kibocsátási és a befogadóban teljesítendő határértékek összehangolására. [34]

3.5 A felszíni vizek terhelhetősége

A Víz Keretirányelv legfontosabb célja a vizek jó állapotának elérése. Az állapot – ahogy a 3.4.1-es fejezetből is kiderül – nagymértékben függ a víztestben jelen levő szennyeződések mennyiségétől és minőségétől. A víztest szempontjából a tisztított szennyvíz bevezetése is szennyezésnek minősül, hiszen mondhatni lehetetlen, de legalábbis jelentős erőforrások árán lehet csak a befogadó vízminőségével megegyező paraméterekkel rendelkező tisztított szennyvizet előállítani. A jó hír, hogy erre nincs is minden szennyező esetében szükség, mert a természet képes elvégezni a tisztítás egy részét, ezt a szakmai terminológia öntisztulásnak nevezi. Az öntisztulás során a vízbe jutó, az élőlények számára hozzáférhető szerves anyag egy idő után „eltűnik”: a vízben található, szerves anyagokkal táplálkozó élőlények egy részét beépítik a saját testükbe, a többi részét pedig ásványosítják. [29]

A terhelhetőség vagy kritikus terhelés azt a szennyezőanyag-terhelést jelenti, amely még megengedhető anélkül, hogy az ökoszisztémában jelentős káros hatást vagy visszafordíthatatlan károkat okozna. A terhelhetőséggel több jogszabály is foglalkozik, de ezek nem adják meg a gyakorlati alkalmazás részleteit. Ennek oka az, hogy nem egyértelműen tisztázott a terhelhetőség fogalma, elválík az elméleti (ökológiai) és a gyakorlati (környezetvédelmi) jelentés. [42]

A terhelhetőség jogi definícióját a 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet adja meg: „befogadó terhelhetősége: előzetes vízszennyezettségi vizsgálatok és a vonatkozó vízszennyezettségi határérték alapján az illetékes környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőség (a továbbiakban: felügyelőség) által megállapított olyan mértékű, még megengedhető terhelés, amely mellett még biztosítható a környezeti célkitűzés elérése”. [40]

A fenti meghatározásban a „környezeti célkitűzés” fogalma természetesen a VKI célkitűzéseit jelenti a gyakorlatban. A tisztított szennyvíz bevezetése nehezíti a jó ökológiai állapot elérését, ezért hasznos lenne az érintett víztestek terhelhetőségét pontosan meghatározni.

A terhelhetőség függ a természetes háttérterheléstől és a vízminőségi célállapottól. Leegyszerűsítve kimondható, hogy a célállapot és a háttérterhelés különbsége adja azt a tartalékot, amennyivel például egy befogadó terhelhető még anélkül, hogy sérülne a jó állapota. A valóság egy kicsit összetettebb ennél, mert az öntisztulás a terhelés ellenében dolgozik. A szennyezőanyag folyásirányú koncentrációja a

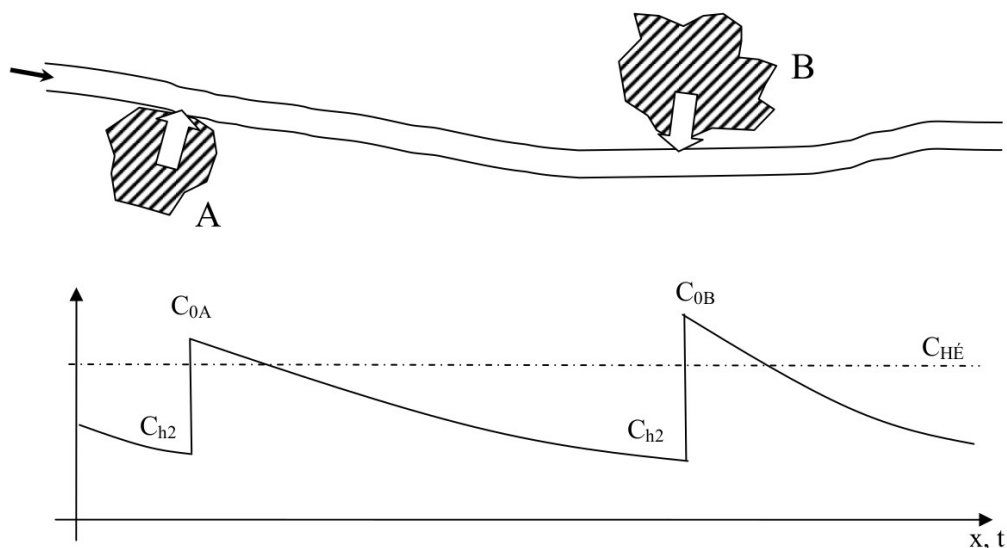
$$C(x) = C_0 \cdot e^{-k \cdot \frac{x}{v_x}}$$

egyenlettel [20] írható le, ahol

- C_0 a kezdeti koncentráció [mg/l],
- k a lebomlás sebességét jellemző kinetikai állandó,
- x a kezdőponttól való távolság [m] és
- v_x a vízfolyás középsebessége [m/s].

A k lebomlási tényező minden szennyezőanyagra egyszerűen számítható, ha rendelkezésre áll a koncentrációra vonatkozó mérési eredmény két megfelelően megválasztott pontnál, a pontok távolsága, illetve a vízfolyás középsebessége. A lebomlási tényező ismeretében azután tetszőleges pontra ki lehet számítani a koncentrációt, természetesen az egyéb szennyezőforrások figyelembevételével.

Az 5. ábra a szennyezőanyag koncentrációjának karakterisztikáját ábrázolja (Az A és B betűvel jelölt objektumoknál szennyvízbevezetés történik). Az ábra jól szemlélteti azt, hogy ha egy befogadót több forrásból ér terhelés, akkor azokat nem lehet egymástól függetlenül, izoláltan tekinteni, mert a hatásaik összeadódnak. Az A és a B pontok között a vízfolyásnak $C_{h2} + C_{0A}$ koncentrációval kell megbirkóznia. Ennek a mennyiségnek az a része, ami az öntisztulás segítségével nem semlegesítődik, az fogja adni a C_{h2} háttérterhelést, így a B pont után már $C_{h2} + C_{0B}$ lesz a koncentráció.



5. ábra: Szennyezőanyag koncentrációja az egyszerű vízminőségi modell szerint [20]

Az egyszerű vízminőségi modell a konzervatív (vízben oldható) komponensek leírására alkalmas, a nem konzervatív komponenseket (például az olajat, a nehézfémek vegyületeit és a felhalmozódó vegyületeket) ilyen módon nem lehet modellezni.

A modell szintén nem alkalmas az oldott oxigén mennyiségének modellezésére, azt a Streeter és Phelps-féle összefüggés alkalmazásával lehet közelíteni. Az összefüggés két ellentétes folyamat – a szervesanyag bontásához szükséges oxigén felhasználása és az oxigén levegőből történő oxigén diffúziója – eredőjeként ábrázolja az oldott oxigén változását. [42][43]

4. A PÁTYI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ BEMUTATÁSA

4.1 Alkalmazott technológia

A szennyvíztisztító telepre két úton érkezik a szennyvíz: nagyjából Páty település csatornahálózatából, elenyésző részben pedig tengelyen. A vízjogi üzemeltetési engedély jelenleg napi 1300 m³-re és 6500 LEÉ-re szól. Páty lakossága 2021-ben 8277 fő volt [17], így – a rácsatlakozó ipari létesítményeket is figyelembe véve – feltételezhető, hogy a telep kapacitásai végén jár. Ezt a tényt a vízjogi üzemeltetési engedély is említi.

Szóbeli közlés alapján alkalmanként előfordul, hogy a telepre a hidraulikai kapacitásnál nagyobb mennyiségű szennyvíz érkezik, a pedig sajnos gyakori, hogy a beérkező szennyvíz paraméterei (különösen a BOI5) is jelentősen meghaladják az üzemelési szabályzatban rögzített tervezési értékeket. A beérkező szennyvíz paramétereinek számszerű értékei és a terhelés kiszámíthatatlansága valószínűleg jelentősen megnehezítik a szennyvíztisztító telep üzemszerű működtetését.

A pátyi szennyvíztisztító telep főbb technológiai lépései (lásd 8. táblázat):

- A rácsszűrő és a homokfogó a mechanikai tisztítást végzi: kiszűri a nagyobb darabos szennyeződéseket, illetve kiülepíti a nagyobb szemcsés ülepedő anyagokat.
- Az anaerob medence már a biológiai fokozat része, itt történik a biológiai foszforeltávolítás.
- Az anoxikus medencében megy végbe a nitrát és a nitrit nitrogéngázzá történő oxidálás útján történő eltávolítása, tehát a denitrifikáció.
- A levegőztető medence feladata a szervesanyag oxidáció útján történő eltávolítása és a nitrifikáció, vagyis az ammónium-formák oxidációja nitráttá.
- Az utóülepítő medence az iszapleválasztást végzi.
- A fertőtlenítő medencében kémiai tisztítás történik, a mikroorganizmusok egyedszámát fertőtlenítőszer adagolásával szabályozzák a közegészségügyi határértékeknek megfelelően.

8. táblázat: A pátyi szennyvíztisztító telep felépítése

Puffer tároló medence 80 m ³	
Rácszsűrő	
Homokfogó 5,4 m x 0,55 m x 0,4 m	
Anaerob medence 58 m ³	Anaerob medence 58 m ³
Anoxikus medence 150 m ³	Anoxikus medence 120 m ³
Levegőztető medence 470 m ³	Levegőztető medence 330 m ³
Dortmundi típusú utóülepítő medence 2 x 60 m ³	Dortmundi típusú utóülepítő medence 2 x 50 m ³
Kiegyenlítő medence 55 m ³	
Aerob iszap-stabilizáló medence 306 m ³	
Homokszűrő	
Fertőtlenítő medence 29 m ³	
Iszapsűrítő 2 x 17,5 m ³	

Az iszapvonalon érdemes kiemelni, hogy a fölősiszap elhelyezése, illetve hasznosítása helyben nem megoldott, ez valószínűleg gazdaságilag indokolható.

Az ismertett technológiák alapján levonható a következtetés, hogy a pátyi szennyvíztisztító – mint általában a hasonló korú és méretű telepek – nem tartozik a legmodernebb szennyvíztisztítók közé. Valószínűsíthető, hogy ez hatással van a Füzes-patak vízminőségére is.

4.2 A szennyvíztisztítás során alkalmazott határértékek

A határértékek megállapításának módjáról a 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet rendelkezik, de az alkalmazandó határértékeket a 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet tartalmazza.

A 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a közvetlen bevezetéssel kapcsolatban úgy rendelkezik, hogy amennyiben a tevékenységre van technológia határérték, úgy azt kell alkalmazni, ha pedig nincs ilyen, akkor meghatározható a befogadó területi besorolásának megfelelő területi határérték.

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a dikromátos oxigénigényre (KOI_k), a biokémiai oxigénigényre (BOI_5) és az összes lebegőanyagra (ÖLA) tartalmaz technológiai határértékeket, így a pátyi szennyvíztisztító telepre az alábbi értékek érvényesek:

9. táblázat: A pátyi szennyvíztisztító technológiai határértékei

Technológiai határértékek	
Megnevezés	Határérték [mg/l]
KOI_k	125
BOI_5	25
ÖLA	35

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet értelmében a Füzes-patak területi besorolásának (3. időszakos vízfolyás befogadói) megfelelően az alábbi területi határértékek lettek megszabva a hatóság által:

10. táblázat: A pátyi szennyvíztisztító területi határértékei

Területi határértékek	
pH	6-9,5
Szennyezőanyagok	
Megnevezés	Határérték [mg/l]
Ammónia-ammónium-nitrogén	5
Szerves oldószer extrakt	5
Összes foszfor	5
Összes nitrogén	25

5. SAJÁT MÉRÉSEK, SZÁMÍTÁSOK

5.1 Mintavételezés

„A mintavétel célja és ezzel együtt a mintavételi programok típusa három csoportba sorolható:

- minőség-ellenőrzés (több komponens koncentrációjának ellenőrzése megadott határértékek között)
- minőségjellemzés (a komponensek koncentrációállandóságát vagy változékonyságát jellemző adatok: átlag, szórás meghatározása),
- szennyezőforrás meghatározása (a jellemző komponens meghatározása, kellően gyakori mintavétellel).” [23]

Ezek a célok gyakran nem különíthetők el egymástól, például a minőségjellemzés logikus párja a minőség-ellenőrzés, hiszen, ha egy időpillanatban jellemezni tudjuk a vizsgált objektum minőségét, akkor már csak egy lépés megvizsgálni azt is, hogy az értékek hogyan viszonyulnak az érvényes határértékekhez.

A pátyi szennyvíztisztító telepnek a Füzes-patakra gyakorolt hatásának a vizsgálatához érzékszervi és vízkémiai vizsgálatokat végeztem. A mintavétel célja elsődlegesen a minőségjellemzés volt, tehát az, hogy megállapításokat tudjak tenni a patak állapotával kapcsolatban, de másodlagos célként adta magát a minőség-ellenőrzés is. A mintavételi pontokat, a vizsgálandó paramétereket és az alkalmazott módszereket a céloknak megfelelően választottam ki, a mintavételezést is ennek megfelelően terveztem meg.

A mintavételhez két pontot jelöltem ki, egyet a telep fölött (F pont) és egyet a telep alatt (A pont). Az F pont 419 méterrel van a bevezetési pont fölött, az A pont pedig 480 méterrel alatta (lásd 11. táblázat). Az F pont kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy közte és a beeresztési pont között ne legyen olyan tényező, ami befolyásolja a patak vizének mennyiségét vagy minőségét. Az A pont kiválasztásánál is fennállt ugyanez a szempont, de itt az is fontos volt, hogy túl közel se legyen a bevezetési ponthoz, mert akkor fennállt volna a veszélye annak, hogy a bevezetett tisztított szennyvíz még nem keveredik el kellő mértékben a patak vizével és a mérés hamis eredmény ad. Ennek megfelelően – a vonatkozó szakirodalom ([23]) figyelembevételével – jelöltem ki a mintavételi pontokat annak érdekében, hogy reprezentatív minta álljon a rendelkezésre.

11. táblázat: A mintavételek helyei és a beeresztési pont

	WGS84 (GPS)		EOV	
	Lat	Lon	Y	X
F pont	N47° 30'04.5"	E18° 49'26.3"	633163	239725
A pont	N47° 29'36.1"	E18° 49'24.8"	633129	238849
Beeresztési pont	N47° 29'51.2"	E18° 49'27.4"	633185	239315

A vízkémiai vizsgálatok csak abban az esetben adnak megbízható eredményt, ha a mintavétel és a vizsgálat maga is a kapcsolódó szabványokban rögzítetteknek megfelelően történik. Fontos biztosítani, hogy sem a mintavételezés, sem pedig a minta szállítása, tárolása ne okozzon változást a minta minőségi paramétereiben. [23] A szabványok a mintavétel, a szállítás és a tárolás módjára, valamint az ezen műveletek során alkalmazott eszközökre is tartalmazznak iránymutatást. Ennek megfelelően a mintavétel során néhány üres, tiszta PET palackot a patakvízzel kétszer átöblítettem, majd a vízbe merítve légmentesen megtöltöttem a patak sodorvonalában, majd még a víz alatt rátekerve a kupakot biztosítottam, hogy ne kerüljön levegő a palackba. Mivel a patak jellemzően nem bővizű, ezért különös figyelmet kellett fordítani arra, hogy az iszap ne keveredjen fel a szükségesnél jobban, de a víz felszínén úszó szennyeződések se kerüljenek bele a palackokba.

A vízmintákat hűtőtáskában szállítottam és azután hűtőszekrényben tároltam a mérés elvégzésének idejéig. Az oxigén jelenléte, illetve a túl sok ideig vagy nem megfelelő hőmérsékleten történő tárolás mind olyan biokémiai folyamatokat idéznek elő, illetve gyorsítanak meg, amelyek során megváltozik például a víz pH-ja, vezetőképessége, BOI és KOI értéke, nitrogén- és foszfortartalma [44], ami nyilvánvalóan nem kívánatos.

A mintavételek alkalmával fotókat is készítettem a körülmények dokumentálása céljából. A fotók jól kiegészítik a terepi jegyzőkönyveket, mert megőrzik azokat az információkat is, amik nem kerülnek bele a jegyzőkönyvbe, de később esetleg hasznosnak bizonyulhatnak.

A vízminőség jellemzése történhet egy adott időpillanatban, de ha hosszabb távon, több időpillanatot vizsgálunk, akkor a hosszú távú trendek is meghatározhatóak. Minél hosszabb a vizsgálat időtávja, annál több mérési eredmény keletkezik. Több mérési eredményből pontosabb elemzéseket tudunk készíteni és pontosabb következtetéseket fogunk tudni levonni, hiszen elegendő adat birtokában a zavaró tényezők (például mérési hibák vagy környezeti extrémítások) súlya csökken, illetve bizonyos esetekben teljesen ki is lehet zárni őket.

A vizsgálat a 2022. márciusa és novembere között zajlott, ez idő alatt 10 alkalommal (lásd 12. táblázat) vettem egyszerű pontmintát a korábban említett F és A mintavételi pontokon. Iszap-, üledék- és mikrobiológiai minta vételezésére nem került sor.

12. táblázat: A mintavételek dátumai

A mintavétel sorszáma	A mintavétel dátuma
1	2022.03.23.
2	2022.04.27.
3	2022.05.18.
4	2022.06.08.
5	2022.06.29.
6	2022.07.27.
7	2022.08.17.
8	2022.09.14.
9	2022.10.05.
10	2022.11.09.

5.2 Terepi mérések

A mintavételek során minden alkalommal egy saját kezűleg, saját igények alapján összeállított terepi jegyzőkönyvben rögzítettem a helyszínen vizsgált jellemzők értékeit, amelyek egy kivétellel érzékszervi vizsgálatok eredményeként álltak elő. A terepi jegyzőkönyv egyúttal vízmintavételi adatlapként is szolgált, hiszen tartalmazta a vizsgálatok során tapasztalt jellemző körülményeket is. [23]

5.2.1 A víz színe

A víz színét a mintavételezés után állapítottam meg olyan módon, hogy a mintát tartalmazó átlátszó edényt a fény felé tartottam és megvizsgáltam, hogy milyennek láttam a mintát.

A víz színe a következő értékkészlettel jól jellemezhető: színtelen, sárgás, sárgás-barnás, barna, sötétbarna (fekete), zöldes. [23]

5.2.2 A víz szaga

A víz szagát szintén a mintavétel után vizsgáltam, egyszerű érzékszervi vizsgálattal.

A minta a következő kifejezésekkel jellemezhető: szagtalan, földszagú, kellemetlen szagú, szúrós szagú (ammóniás), záptojás szagú (kén-hidrogén). [23]

5.2.3 Hőmérséklet

A minta hőmérsékletét 0,1 °C-os pontossággal kell vizsgálni a mintavétel helyszínén, rögtön a mintavétel után, ezáltal biztosítva, hogy a levegő hőmérséklete ne befolyásolja az eredményt. A víz hőmérséklete mellett érdemes a levegő hőmérsékletét is mérni és a jegyzőkönyvben rögzíteni. [23]

5.2.4 Átlátszóság

A víztestek átlátszóságának vizsgálatát a legegyszerűbb módon Secchi-koronggal lehet elvégezni. A korong a fényáteresztés mértékét segít meghatározni. A vízbe jutó fénynek fontos szerepe van a vízben végbemenő biológiai folyamatokra (produktivitás), a víztest rétegződésére és a vízben fellépő áramlásokra. [23] Mivel ezeket a jellemzőket nem terveztem elemezni, ezért az átlátszóság-vizsgálatot sem végeztem el, ráadásul kisvízfolyások esetén – mint például a Füzes-patak – a helyszínen nem is megoldható ez a vizsgálat.

5.2.5 Zavarosság

A víz zavarosságának megállapításához egy áttetsző PET palackba vizet vételeztem és az edényt a fény felé tartva, a vízen átnézve megállapítottam a zavarosság mértékét.

Ilyen módon a kristálytiszt, az opálosan áttetsző, az opálos, a kissé zavaros, a nagyon zavaros kifejezésekkel jellemezhetjük a vizet. [23]

5.2.6 Kémhatás, fajlagos vezetőképesség

A kémhatást és a fajlagos vezetőképességet – habár hagyományosan a mintavételezés helyén szokás vizsgálni – én technikai okokból a laborban mértem, ezért a mérés menetét a 5.3.2-es és a 5.3.3-as fejezetekben ismertetem.

5.2.7 Egyéb jellemzők

A terepi jegyzőkönyvben rögzítettem néhány egyéb adatot is, például az időjárási körülményeket a mintavétel napján és az azt megelőző napon, a szaghatás intenzitását, az áramlás erősségét, a vízállást és a habzás jelenlétét. Feljegyeztem azokat a körülményeket is, amelyek ezeken felül említésre méltóak voltak, például, ha valamiféle kiválás volt észlelhető a meder falán, vagy ha a víz tetején olajszerű bevonatot láttam. A rögzített paraméterek közül az áramlást (vízhozamot) és a vízállást lehetett volna tudományosabb módszerekkel, mérésekkel is megállapítani, de a vizsgálatom szempontjából ezek nem voltak lényegesek, ezért csak közelítő módszerekkel jellemeztem őket.

5.3 Laboratóriumi mérések

A vízkémiai méréseket az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karának laborjában végeztem a Füzes-patakból származó mintákon. A laboratóriumi mérések, tehát a vízminta minősítési vizsgálatait során vízvizsgálati adatlapot töltöttem ki. [23]

5.3.1 Spektrofotometriai mérések

Az abszorpciós spektrofotometria széles körben alkalmazott mérés technika, eszköze a spektrofotométer. A spektrofotométer a kibocsátott, monokromatizált fény intenzitás csökkenését (abszorbancia) méri, miközben az áthalad a mérni kívánt folyadékon vagy gázon. A folyadék (vagy a gáz) elnyeli a fény egy részét, ez az abszorpció. Minden oldat a molekuláira jellemző fény- (tehát hullámhossz-) tartományokat nyeli el a fehér fényből, a nem elnyelt fénytartományok jutnak el a mérőműszer érzékelőjéhez. (Ugyanezt a jelenséget tapasztaljuk akkor is, amikor átnézünk egy oldaton és azt színesnek látjuk: az oldat elnyelte a fénytartományok egy részét, a többi hullámhossz pedig eljut a szemünkbe, ahol színeképpé képződnek le.)

A molekulát felépítő atomok elektronjai az alaphelyzet diszkrét energiaszintjeinek valamelyikén helyezkednek el. Ha az elektront fénnel gerjesztjük, akkor az elektron a gerjesztett állapot valamely energiaszintjére lép fel. A vizsgált anyagon átjutva azok a hullámhosszok nyelődnek el, amelyek illeszkednek az anyag elektronrendszeréhez (tehát pont megfelelőek ahhoz, hogy egy-egy elektront egy másik energiaszintre juttassanak), a többi hullámhossz transzmittálódik. Ebből az következik, hogy az abszorpció függ a hullámhossztól és az átengedett hullámhosszok spektruma jellemző a vizsgált anyagra.

Az abszorbancia a következőképpen definiálható: $A = \lg \frac{I_0}{I}$,

ahol

- I_0 a megvilágító és
- I az áteresztett fény intenzitása.

A Beer-Lambert-törvény értelmében az abszorbancia egyenesen arányos a fényút hosszával és a mért molekula koncentrációjával: $A = \varepsilon \cdot c \cdot L$, emiatt a módszer kiválóan alkalmas az anyag koncentrációjának meghatározására. [44]

A méréseket egy Merck Spectroquant Nova 60 típusú műszerrel végeztem. A műszer rendkívül könnyen kezelhető, mert egyfelől nem kell kalibrálni (az adatok a műszer

memóriájában vannak tárolva minden tesztkészlethez), másfelől a gép a tesztkészleten levő vonalkód beolvasása után maga határozza meg a mérési módszert és a méréstartományt. [45] A mérésekhez a berendezéshez a gyártó által ajánlott tesztkészleteket használtam a tesztkészletekhez mellékelt leírások szerint.

A KOI vizsgálatához a küvettákat egy Merck Thermoreactor TR 300 típusú készülékkel melegítettem.

A vizsgálatok előtt a vízmintát felrázással homogenizáltam.

5.3.1.1 KOI

A kémiai oxigénigény (KOI) meghatározásához az F jelű mintához a 14560-as (méréstartomány: 4-40 mg/l), az A jelű mintához pedig a 14540-es (méréstartomány: 10-150 mg/l) jelű teszteket használtam. 3 ml mintát pipettáztam mindkét –, kálium-dikromátot ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), katalizátorként ezüst-szulfátot (Ag_2SO_4) és a klorid-ion eliminálására higany-szulfátot (HgSO_4) tartalmazó – küvettába és az oldatokat összerázás után 148 °C-on 120 percig melegítettem. A melegítés hatására a kálium-dikromát elbomlik és a felszabaduló dikromát-ion oxidálja a minta szerves alkotórészeit. Az el nem fogyasztott dikromát-ion mennyiségével arányos az oldat színintenzitása. Az oldat kézmelegre történő visszahűtése után a számszerű érték a műszerrel mérhető. [46]

5.3.1.2 Ammónium-nitrogén

Az ammónium-nitrogén koncentráció meghatározásához a 14739-es (méréstartomány: 0,01-2 mg/l) és a 14558-as (méréstartomány: 0,2-8 mg/l) jelű teszteket használtam. Az ammónium-nitrogén részben ammónium-ionok, részben pedig ammónia formájában van jelen a mintában. A két előfordulási forma aránya a pH-tól függ: erősen lúgos oldatban szinte csak ammónia van jelen. Az ammónia a hipoklorittal és a fenollal reakcióba lépve indofenol-származékot képez, ez mérhető a műszerrel. A mérőoldat színe sárgászöld vagy zöld. [47]

Az első küvettába 5 ml, a másodikba 1 ml mintát pipettáztam és finoman összeráztam. Ezután mindkét küvettába adagoltam 1-1 adagot az $\text{NH}_4\text{-1K}$ jelű reagensből és teljes oldódásig ráztam, majd 15 perc várakozás után az oldatot a műszerrel megmértem.

5.3.1.3 Nitrit-nitrogén

A nitrit-nitrogén koncentráció meghatározásához mindkét mintához a 14547-es (méréstartomány: 0,01-0,7 mg/l) jelű tesztet használtam. Savas oldatban a nitrit-ionok

reakcióba lépnek a szulfanilsavval, és diazóniumsót képeznek, amely az N-(1-naftil)-etilén-diamin-dihidrokloriddal pedig vörös-ibolya azofestéket képez, ez mérhető a műszerrel. [48]

A küvettákba 5-5 ml mintát pipettáztam, összeráztam és 10 perc várakozás után az oldatot a műszerrel megmértem.

5.3.1.4 Nitrát-nitrogén

A nitrát-nitrogén koncentráció meghatározásához mindkét mintához a 14563-as (méréstartomány: 0,25-25 mg/l) jelű tesztet használtam. Kén- és foszforoldatban a nitrátionok reakcióba lépnek a 2,6-dimetil-fenollal (DMP) és 4-nitro-2,6-dimetil-fenolt képeznek, ez mérhető a műszerrel. [49]

A küvettákba 1-1 ml mintát és 1-1 ml $\text{NO}_3\text{-1K}$ jelű reagenst pipettáztam, összeráztam és 10 perc várakozás után az oldatot műszerrel megmértem.

5.3.1.5 Foszfát-foszfor

A foszfát-foszfor koncentráció meghatározásához mindkét mintához a 00474-es (méréstartomány: 0,05-5 mg/l) jelű tesztet használtam. Kénsavoldatban az ortofoszfát ionok molibdát ionokkal reagálva molibdofoszforsavat képeznek. Az aszkorbinsav ezt foszfomolibdénkékké (PMB) redukálja, ez mérhető a műszerrel. [50]

A küvettákba 5-5 ml mintát pipettáztam és összeráztam. Ezután a P-1K jelű reagensből adagoltam 5-5 cseppet és ezt is összeráztam. Utolsó lépésként a P-2K jelű reagensből adagoltam 1-1 adagot teljes oldódásig ráztam. 5 perc várakozás után az oldatot műszerrel megmértem.

5.3.1.6 Mangán

A mangánkoncentráció meghatározásához mindkét mintához a 00816-os (méréstartomány: 0,1-5 mg/l) jelű tesztet használtam. Lúgos oldatban a mangán(II)-ionok oximmal reagálva vöröses barna komplexet alkot, ez mérhető a műszerrel. [51]

A küvettákba 7-7 ml mintát pipettáztam és összeráztam. Ezután az Mn-1K jelű reagensből adagoltam 2-2 cseppet és ezt is összeráztam. 2 perc várakozás után az Mn-2K jelű reagensből adagoltam 3-3 cseppet és összeráztam. 5 perc várakozás után az oldatot műszerrel megmértem.

5.3.1.7 Oxigén

Az oxigénkoncentráció meghatározásához mindkét mintához a 14694-es (méréstartomány: 0,5-12 mg/l) jelű tesztet használtam. Az oxigén a mangán(II)-t mangán(III)-má oxidálja. Savas oldatban ez reagál a Titriplex® II-vel, és vörös komplexet képez, ez mérhető a műszerrel. [52]

A küvetákat teletöltöttem a mintával és 1-1 üveggyöngyöt adtam hozzá. Az O2-1K és az O2-2K jelű reagensből is 5-5 cseppet adtam hozzá. 10 másodperc rázás és 1 perc várakozás után az O2-3K reagensből is hozzáadtam 10-10 cseppet és összerázás után az oldatot műszerrel megmértem.

5.3.2 Kémhatás

A kémhatás méréséhez egy edénybe öntöttem a mintából és egy Hanna Instruments HI 98107 típusú műszerrel 10 mérést végeztem, a végén pedig átlagot számoltam az eredményekből. A mintát minden mérés előtt homogenizáltam, hogy elkerüljem az inhomogenitásból adódó fals eredményeket. A műszert a mérések megkezdése előtt egy ismert kémhatású pufferoldattal szükséges kalibrálni.

5.3.3 Fajlagos vezetőképesség

A fajlagos vezetőképesség méréséhez egy edénybe öntöttem a mintából, és egy Hanna Instruments HI 98202 DiST 3 típusú műszerrel 10 mérést végeztem, a végén pedig átlagot számoltam az eredményekből. A mintát minden mérés előtt homogenizáltam, hogy elkerüljem az inhomogenitásból adódó fals eredményeket.

5.3.4 BOI₅

A BOI₅ meghatározásához WTW OxiTop típusú műszert használtam. A mérés manometrikus elven történik: a lezárt palackban lejátszódó aerob biológia bontás során felszabaduló CO₂-ot az abszorber megköti, így a BOI-val arányos vákuum alakul ki, ami mérhető. [53]

A BOI₅ méréséhez először a KOI-t kellett meghatározni a már ismertetett módon. Mivel a KOI mindig nagyobb, mint a BOI, ezért kiszámoltam a BOI várható értékét (várható BOI = KOI * 0,8) és a kapott eredménynek megfelelő (a gyári leírásból kiolvasható) mennyiségű vízmintát a palackba töltöttem. A palackba ejtettem még egy mágnesdarabot (ami a folyamatos keveredéshez volt szükséges), illetve a palack nyakára helyeztem az abszorber (2 darab NaOH tabletta) elhelyezésére szolgáló gumiból készült tartót. Ezután nagyon kellett rá figyelni, hogy az abszorbert ne érje víz, mert az elrontotta volna a mérést. Legvégül szorosan

lezártam a palackot a kupakjával, ami tulajdonképpen a mérőműszer. A palackot a keverőpadra helyezve biztosítottam a bontási reakció egyenletes ütemben történő lezajlását. Az 5. nap végén leolvastam a mérés eredményét, amit a – szintén a gyári leírásból kiolvasott – szorzási tényezővel korrigálva megkaptam a tényleges eredményt.

5.4 Mérési eredmények

A Fűzes-patakából származó vízminták laboratóriumi vizsgálatára az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karának 411-es vízminőségvédelmi laborjában került sor. A kapott eredmények a 13. táblázatban tekinthetők át:

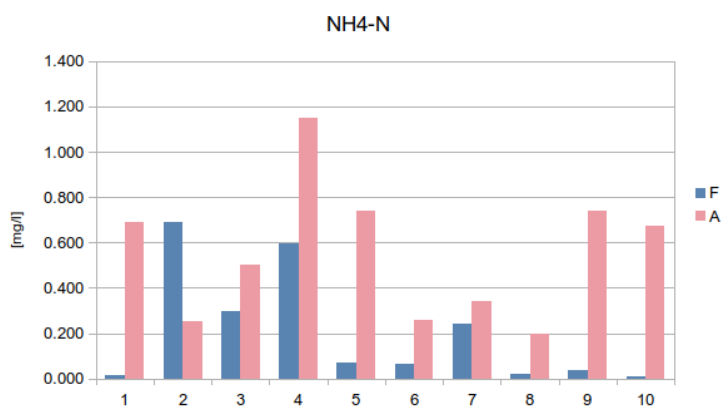
13. táblázat: A mérések eredményei

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]		NO ₂ -N [mg/l]		NO ₃ -N [mg/l]		PO ₄ -P [mg/l]		Mn [mg/l]		O ₂ [mg/l]		KOI _{kr} [mgO ₂ /l]		BOI ₅ [mgO ₂ /l]		pH		Fajlagos vezetés [mS/cm ²]	
	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A
1	0,01	0,69	0,04	0,28	15,3	7,4	0,38	2,91	0,34	0,13							7,8	7,6	1,64	1,79
2	0,69	0,25	0,07	0,24	12,9	6,7	1,71	0,56	0,13	0,18	7,8	5,7	15,7	48			7,8	7,4	1,99	2,00
3	0,30	0,50	0,09	0,23	13,7	6,5	0,76	2,27	0,12	0,23			14,5	35	2	58	7,9	7,5	2,00	2,00
4	0,59	1,15	0,09	0,16	5,6	3,8	2,59	3,77	0,28	0,36	6,3	2,6	19,3	69	11	100	7,6	7,5	0,87	2,00
5	0,07	0,74	0,08	0,24	12,2	2,3	0,51	3,20	0,24	0,40			13,4	47	7	>100	7,9	7,4	2,00	2,00
6	0,06	0,26	0,15	0,25	3,9	2,8	0,55	1,82	0,12	0,25	4,3	2,5	15,2	33	11	28	7,6	7,4	2,00	2,00
7	0,24	0,34	0,03	0,21	1,6	0,5	1,49	3,78	0,34	0,31			33,6	65	24	64	7,5	7,4	1,51	2,00
8	0,02	0,20	0,05	0,25	0,1	3,9	0,58	2,75	0,13	0,16	4,4	2,6	16,8	54	15	30	7,8	7,5	2,00	2,00
9	0,04	0,74	0,04	0,26	4,0	4,4	0,92	3,15	0,13	0,30			15,8	41			7,9	7,5	2,00	2,00
10	0,01	0,67	0,09	0,16	10,9	5,9	0,37	2,68	0,47	0,60	5,9	4,6	11,9	20,0			8,0	7,8	2,00	2,00

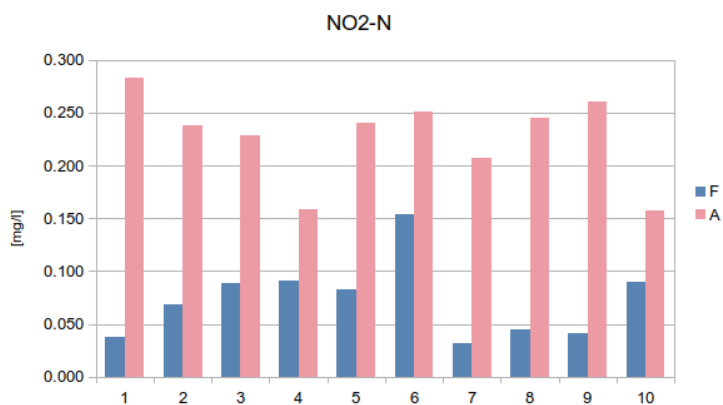
5.4.1 A nitrogénformák értékelése

A nitrogénformák öt alakban fordulnak elő a természetes vizekben (molekuláris vagy elemi nitrogén, szerves nitrogén, ammónia, nitrit és nitrát) és a különböző formák mennyisége, illetve aránya fontos információkat ad a víztest állapotáról. A különböző nitrogénformák együttesen adják a teljes nitrogéntartalmat, ami szintén nagyon fontos jellemzője a vizeknek.

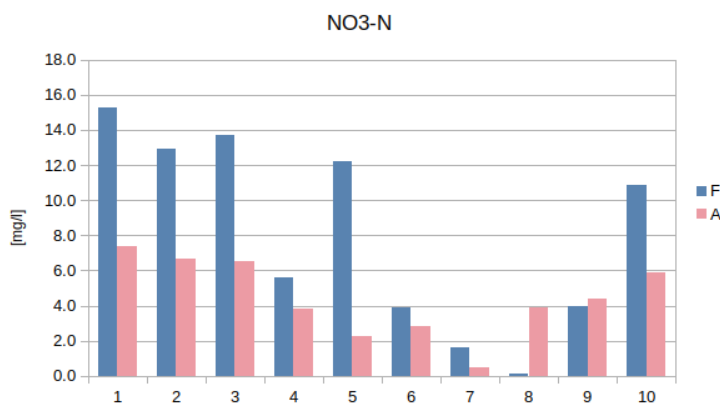
Az összes nitrogénnel kapcsolatban nem állnak rendelkezésre saját mérési eredmények és a szennyvíztisztító sem publikált adatot erre vonatkozóan, így nem lehet eldönteni, hogy ebben a tekintetben a telep megfelel-e a megszabott határértéknek. Szintén nincs adat a szerves nitrogénnel kapcsolatban, ezért csak a szervesetlen formákat vizsgálom, a mérési eredmények a 6., a 7., és a 8. ábrákon láthatóak.



6. ábra: A mérések eredményei (NH₄-N)



7. ábra: A mérések eredményei (NO₂-N)



8. ábra: A mérések eredményei (NO₃-N)

A 14. táblázatban felsorolt paraméterek tekintetében kijelenthető, hogy a publikusan hozzáférhető adatok alapján a kibocsátási határértékek messzemenően teljesülnek. Az elfolyó szennyvízre vonatkozó adatok tekintetében az üzemeltető által közölt éves átlagokat vettem figyelembe.

Érdemes kiemelni, hogy habár a határértékek teljesülnek, a Füzès-patak VGT1 szerinti minősítése az A pontban csak „mérsékelt”, ami arra enged következtetni, hogy a határértékek és a patak terhelhetősége nincsenek összhangban.

14. táblázat: N formák mennyisége a különböző mintákban (az adatok forrása: saját mérések és [54])

	F minta [mg/l]	A minta [mg/l]	Elfolyó szennyvíz [mg/l]	Határérték [mg/l]
NH ₄ -N	0,23	0,54	<0,05	2
NO ₂ -N	0,07	0,24	<0,05	0,5
NO ₃ -N	7,4	4,3	1,1	50

Ammónia a patakba kétféle módon juthatott: egyrészt műtrágyákból kimosódva közvetlenül, másrészt pedig akkor, ha a szerves anyagok bontása a hőmérsékleti tényezők miatt megáll az ammóniánál és nem megy végbe a teljes bontási folyamat. Éves átlagminta vizsgálata esetén a hőmérsékletből adódó ammóniaképződés valószínűleg nem számottevő, így marad a közvetlen terhelés. Megfigyelhető, hogy már az F pontban is jelentős mennyiségű ammónia terheli a patakot és a koncentráció ugyan a duplája az A pontban, de ez nem jelent minőségi különbséget a VGT1-es besorolás szerint. A patak forrásától a szennyvíztelepig – Páty települést leszámítva – nagy kiterjedésű mezőgazdasági területek találhatóak (állattartó telep és egyéb potenciális szennyezőforrás nincs), a legvalószínűbbnek az tűnik, hogy az

ammóniaterhelés a földről érkezik. Az ammónia viszonylag gyorsan nitrálté alakul, ezért a jelenléte friss szennyezésre utal.

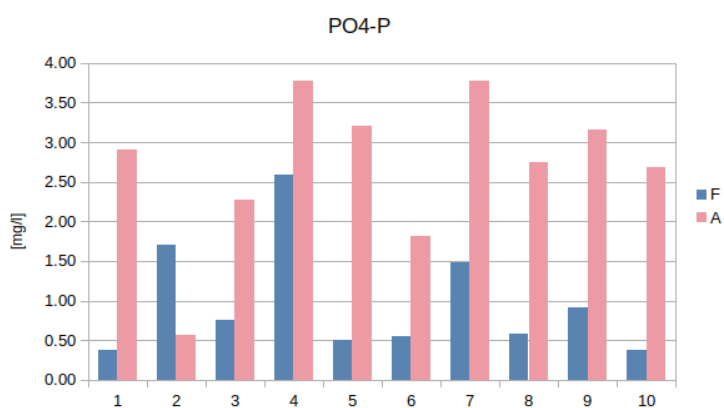
A nitrit általában annak ellenére sem tud felhalmozódni a vízben, hogy a nitrátképződést – a nitrifikáló baktériumok érzékenysége miatt – a mangán jelenléte lassítja. A nitrit aránya a nitrogénspektrumon ennek megfelelően mindegyik mintában alacsony még annak ellenére is, hogy a mangán koncentrációja viszonylag magas.

A nitrogénspektrum legnagyobb szelete mindhárom (F, A és elfolyó) mintában a nitráté, de még a kibocsátott szennyvízben is bőven a határérték alatt marad a számszerű értéke. A magas nitráttartalom eutrofizációhoz vezethet, de a szennyvíztisztító működésével kapcsolatban azt mutatja, hogy végbemegy a teljes lebontási folyamat, tehát a szennyvíz elegendő időt tölt a telepen.

5.4.2 A foszforformák értékelése

A foszfor a nitrogénhez hasonlóan szintén változatos formákban van jelen a vizekben. A szennyvíztisztító telep vonatkozásában az összes foszforra van megadva határérték, de erre a paraméterre vonatkozóan nem érhető el adat az elfolyó szennyvíz tekintetében, mint ahogy más foszforformákkal kapcsolatban sem.

A mintavételi pontokban az ortofoszfát-foszfor koncentrációját vizsgáltam, a mérési eredményeket a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra: A mérések eredményei (PO₄-P)

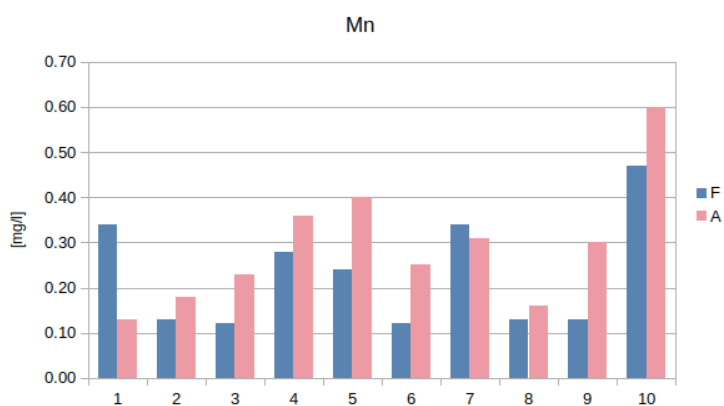
Az ortofoszfát egyrészt a szennyvizekből közvetlenül kerül a természetes vizekbe (a mosószerekhez adagolt polifoszfát formájában, ez később ortofoszfáttá bomlik), másrészt pedig a – leggyakrabban a talajból – a vízbe szivárgó szerves anyagok bakteriális bontása

következtében keletkezik. A rendelkezésre álló információ hiányossága miatt mindkét szennyezőforrás szóba jöhet a Fűzes-patakkal kapcsolatban.

Mindkét vizsgált pontban viszonylag magas a koncentráció (tehát a patak ebből a szempontból már a telep fölött is nagyon rossz állapotban van), a VGT1 besorolás szerinti „rossz” osztályba esnek az értékek.

5.4.3 A mangán értékelése

A mangánra vonatkozó mérési eredmények a 10. ábrán láthatóak:

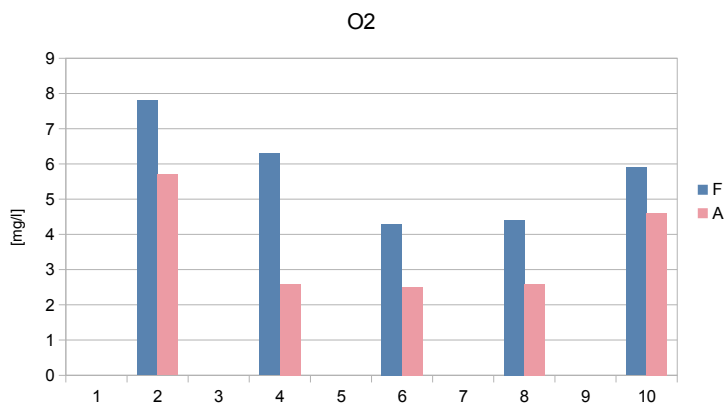


10. ábra: A mérések eredményei (Mn)

A mangán koncentrációja mindegyik mintában viszonylag magas, így már a telep feletti szelvényben vett mintákban is. A mangán már kis mennyiségben is gátolja a nitrifikáló baktériumok működését, ezért a jelenléte nitritfelhalmozódást eredményezhet, de ebben az esetben nincs erről szó, nincs aránytalanul sok nitrit a telep alatti szelvényben. A mangán a patakban valószínűleg geokémiai eredetű, ennek tisztázásához további vizsgálatok szükségesek.

5.4.4 Az oldott oxigén értékelése

Az oldott oxigénre vonatkozó mérési eredményeket a 11. ábra szemlélteti:



11. ábra: A mérések eredményei (O₂)

A vízben levő oldott oxigén mennyisége függ a légnyomástól, a hőmérséklettől, a vízben oldott sók mennyiségétől, illetve a szennyezettség fokától és jellegétől. Az oldott oxigén mennyiségénél pontosabban jelzi a víz minőségét az oxigéntelítettség, ami a ténylegesen oldott oxigén mennyiségének és az elméletileg oldható oxigén mennyiségének a hányadosa százalékos formában kifejezve. Az elméletileg oldható oxigén mennyisége (többek között) hőmérsékletfüggő, a kalkulált értékek a szakirodalomban hozzáférhetőek.

Az oldott oxigén mért és az oxigéntelítettség számított értékei a 15. táblázatban találhatóak, a mérésre csak minden másodikkal került sor:

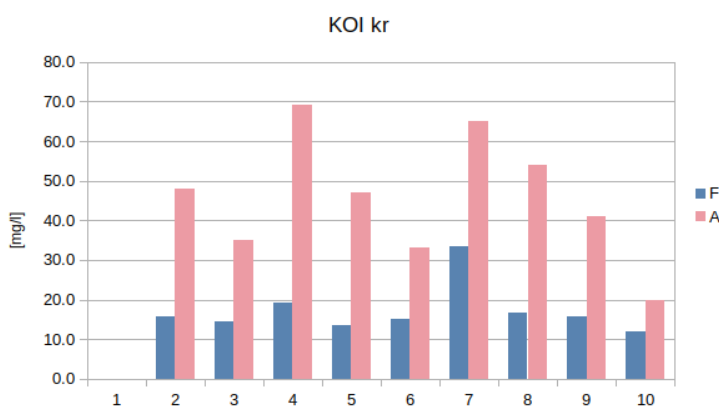
15. táblázat: Számított oxigéntelítettség értékek

Mérés	Minta	T _{minta} [C]	T _{minta} hőmérsékleten oldható oxigén mennyisége [mg/l] [55]	Oldott oxigén [mg/l]	Oxigéntelítettség [%]
2	F	10,0	11,27	7,8	69
	A	13,0	10,50	5,7	54
4	F	19,5	9,12	6,3	69
	A	18,6	9,29	2,6	28
6	F	16,5	9,71	4,3	44
	A	19,2	9,17	2,5	27
8	F	15,8	9,86	4,4	45
	A	21,0	8,84	2,6	29
10	F	10,2	11,22	5,9	53
	A	13,6	10,36	4,6	44

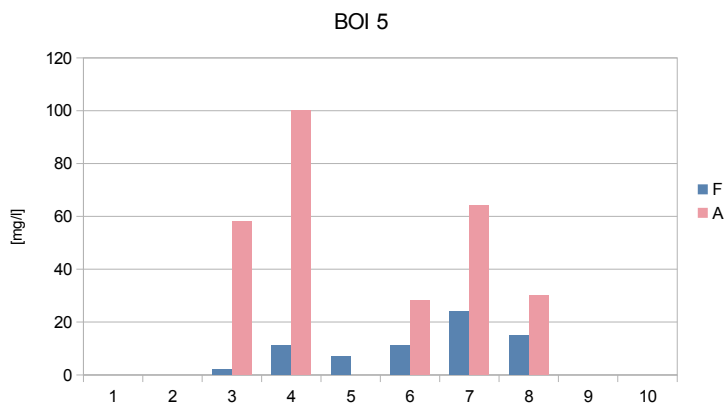
Ebben az esetben nem az éves átlagértékből indultam ki, hanem – a számítás sajátossága miatt – minden mintához kiszámoltam a rá vonatkozó oxigéntelítettség értékét. A patak az F pontban a „mérsékelt” vagy a „gyenge” osztályba sorolható, az A pontban pedig „mérsékelt”, de az esetek többségében „rossz”. A kapott eredmények alapján az oxigéntelítettségre szintén igaz, hogy a patak már a telep fölött sem éri el a „jó” minőségi osztályt, alatta pedig még rosszabb a helyzet. Az oldott oxigén mennyisége egész biztosan kevés ahhoz, hogy a patak megfelelő élőhely legyen halak számára. A halak kipusztulása miatt a vízben nagy valószínűséggel elszaporodtak a baktériumok és azok a gerinctelenek, akik tolerálják a rendelkezésre álló mennyiségű oldott oxigént. Ezt a feltételezést további vizsgálatokkal (például Bisel, mikrobiológia) lehetne bizonyítani. A kevés oldott oxigén nagyobb mennyiségű szerves anyag jelenlétére utal, ez egybevág a nitrogénformák jelenlétének mértékével, valamint a KOI és BOI értékekkel.

5.4.5 A KOI és a BOI értékelése

A KOI_{kr} és a BOI_5 mért értékeit a 12. és a 13. ábrák mutatják:



12. ábra: A mérések eredményei (KOI_{kr})



13. ábra: A mérések eredményei (BOI₅)

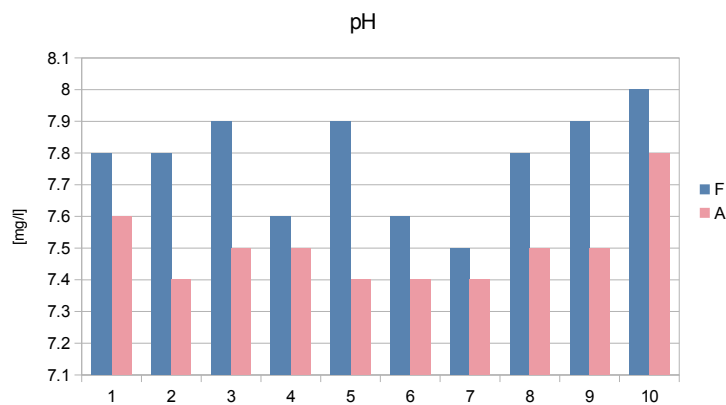
A 16. táblázat a KOI és a BOI átlagos értékeit szemlélteti. Ami elsőre szembetűnik, hogy a saját mérések átlagaiból számított BOI értéke az A minta esetében magasabb, mint a KOI értéke. Ez nyilvánvalóan nem lehetséges, ezért feltételezhető, hogy a BOI mérések nem megfelelő körülmények között történtek (nem állt rendelkezésre temperálószekrény) és ezért sajnos ezeket a mérési eredményeket ki kell zárni a vizsgálatokból. A KOI értékek nagysága nem túl alacsony, de nem is nagyon magas. Mivel az A minta értéke jóval magasabb, mint a F mintáé, ezért érdekes lenne megvizsgálni a kifolyó szennyvizet ebből a szempontból is.

16. táblázat: A KOI és a BOI átlagos értékei a mintákban

Jellemző	F minta [mg/l]	A minta [mg/l]
KOI _k	18	49
BOI ₅	12	56

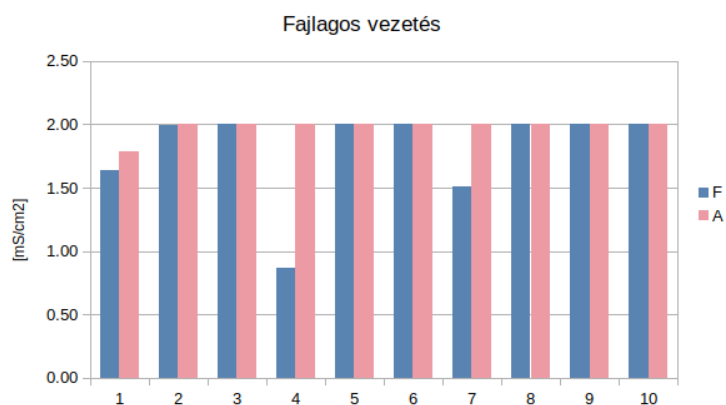
5.4.6 A pH és a fajlagos vezetőképesség értékelése

A pH – a mért eredmények a 14. ábrán láthatóak – az egyetlen olyan paraméter, amely a szennyvíztisztító feletti és alatti szelvényben is megfelelő. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a kommunális szennyvíz pH-ja is hasonló, illetve a patakot sem éri olyan terhelés a telep feletti szakaszon, ami befolyásolná a kémhatását.



14. ábra: A mérések eredményei (pH)

A fajlagos vezetőképesség tekintetében már közel sem ilyen jó a helyzet (értékei a 15. ábrán találhatóak). Már a telep feletti szakaszon is meglehetősen magas az értéke, így érdemes lenne további vizsgálatokkal felderíteni a szennyezés eredetét.



15. ábra: A mérések eredményei (fajlagos vezetőképesség)

5.4.7 A kapott eredmények összegzése

A kapott eredmények azt mutatják, hogy a legtöbb vizsgált paraméter tekintetében a patak vize rosszabb minőségű lett a pátyi szennyvíztisztító alatt, mint fölőtte volt – ez tulajdonképpen törvényszerűnek mondható –, de vannak kivételek. Az ammónium-nitrogén és a foszfát-foszfor koncentrációja egy alkalommal, a mangán koncentrációja pedig két alkalommal volt kisebb a telep alatt, ezekben az esetekben a szennyvíztisztító olyan koncentrációjú tisztított szennyvizet engedett a patakba, hogy az – elkeveredve a patak vizével – javított a vízminőségen, legalábbis az említett paraméterek tekintetében. Érdekes

lenne összevetni ezeket a mérési eredményeket az adott napokon a nyers, illetve a kibocsátott szennyvíz azonos paramétereinek értékeivel.

A Füzès-patak VGT1 szerint állapotértékelése a 11.9. mellékletben, a hozzá tartozó osztályhatárok a 11.10. mellékletben találhatóak.

Az állapotértékelést a VGT módszertana szerint éves átlagmintán kellene elvégezni, hiszen az osztályhatárokat így határozták meg, azonban az egyes mintákat külön-külön is besoroltam az osztályhatároknak megfelelően. Az egyes mérési eredmények besorolását összevetve az éves átlag besorolásával látszik, hogy azokban az esetekben, amikor nagy a mérési eredmények szórása (például az oldott oxigén esetében), a besorolás elsőre talán meglepő lehet, hiszen vannak „mérsékelt” és „rossz” osztályba tartozó értékek, a besorolás eredménye pedig „gyenge” lett, de ez egyrészt a matematika törvényszerűségeiből következik, másfelől pedig rávilágít arra, hogy miért lehet félrevezető egy-egy minta alapján minősíteni a vizeket.

Mivel a mintavételek a március és a november közötti időszakot fedték le, a számított átlagok sem mondhatóak éves átlagnak, de az eredmények számszerű értékeit megvizsgálva kimondható, hogy a hiányzó 2-3 mintának meglehetősen szélsőséges eredményt kellene adnia ahhoz, hogy a besorolásokat érdemben befolyásolják.

A 17. táblázat alapján a patak egyáltalán nincs jó állapotban, már a telep fölött sem. Az egyetlen paraméter, ami eléri a VGT szerinti „jó” minősítést, az a pH. A többi jellemző zömében „mérsékelt”, de van néhány „gyenge” és „rossz” érték is.

Páronként összehasonlítva az F és A mintákat látható, hogy a telep működésének következtében általában nem változott az adott paraméter besorolása, habár egy esetben (O_2) 1 osztályt romlott, szintén egy esetben (NO_3-N) pedig 1 osztályt javult.

17. táblázat: A Füzès-patak VGT1 szerinti vízminősítése

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]		NO ₂ -N [mg/l]		NO ₃ -N [mg/l]		PO ₄ -P [mg/l]		O ₂ [mg/l]		KOI kr [mgO ₂ /l]		pH		Fajlagos vezetés [mS/cm ²]	
	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A
Átlag	0.204	0.555	0.073	0.227	8.0	4.4	0.99	2.09	5.7	3.6	17.4	45.8	7.8	7.5	1.80	1.98

A VGT3 szerinti állapotértékelést ugyan elvégeztem a teljesség kedvéért (az állapotértékelés a 11.11. mellékletben, a kapcsolódó osztályhatárok pedig a 11.12. mellékletben találhatóak), de nem tartom relevánsnak abban az értelemben, hogy véleményem szerint pontosabb eredményt ad, ha a Füzès-patakra vonatkozó (VGT1-es) adatokkal dolgozom. (Emlékeztetőül: a VGT1-

ben a Fűzes-patak még külön szerepelt, de a VGT2 már együtt kezeli a Benta-patakkal.) A két patak együttes hossza és vízgyűjtője többszöröse a Fűzes-patakénak, így más a besorolásuk, és ebből adódóan más és más vízminőség-osztályhatárok vonatkoznak rájuk. Mivel a dolgozat célja a pátyi telep hatásának a vizsgálata, ezért pontosabb eredményt ad, ha a specifikusabb, tehát a VGT1 szerinti osztályozásból indulok ki.

A régi, MSZ 12749:1993 szabvány szerinti állapotértékelést (ez a 11.8. mellékletben található) is elvégeztem az összehasonlítás kedvéért, mert a minősítési rendszer gyökeresen változott meg az idők során. Az MSZ 12749:1993 szabványon alapuló rendszerben gyakorisági alapon történt a víztest besorolása: amelyek osztályba tartozott a legtöbb vizsgált paramétere szerint, az lett a víztest besorolása is. A VGT szerinti besorolás az „egy rossz, mind rossz” elvet követi, tehát a legrosszabb paraméter besorolása határozza meg a víztest minősítését.

18. táblázat: A Fűzes-patak minősítése a különböző szabványok szerint

	F	A
MSZ 12749:1993		
VGT1		
VGT3		
VGT1 (PO ₄ -P nélkül)		
VGT3 (PO ₄ -P nélkül)		

A 18. táblázatban látható, hogy az MSZ 12749:1993 szerint minősítve az F és az A átlagminta is a „mérsékelt” osztályba sorolható. A VGT szerinti minősítésben a foszfát-foszfor rossz értéke az egész víz minősítésére rányomja a bélyegét, de sajnos enélkül is csak „gyenge” vízminőségűnek lehet minősíteni a patakot. A táblázat alapján a VGT „egy rossz, mind rossz” alapú besorolása túl szigorúnak tűnik elsőre, de ez teljes mértékben csak a kapcsolódó intézkedések tükrében ítéltető meg.

5.5 A Fűzes-patak vízhozamának számítása

A további számítások elvégzéséhez szükséges adat a Fűzes-patak vízhozama közvetlenül a a pátyi szennyvíztisztító telep feletti szakaszon. Ezzel kapcsolatban nem állnak rendelkezésre saját mérési adatok és a VGT-hez kapcsolódóan sem történtek ilyen részletes mérések, de a megfelelő módszer segítségével jól közelíthető a kérdéses jellemző.

A 7. táblázat adatait és a domborzati és vízrajzi viszonyokat figyelembe véve számíthatóak a vízgyűjtő területnek a telep fölé eső részére a lefolyási adatok, amelyeket a 19. táblázat tartalmaz.

19. táblázat: A lefolyási értékek a Füzes-patak felső szakaszán

Jellemző	A teljes vízgyűjtőre	A vízgyűjtőnek a pátyi szennyvíztisztító telep fölötti részére
Az érintett rész területe [km ²]	33,83	10,67
Közvetlen vízgyűjtő átlagos lefolyása, KÖQ [l/s]	29,761	9,387
Közvetlen vízgyűjtő mértékadó kisvízi lefolyása, Qaug80 [l/s]	2,915	0,919
Közvetlen vízgyűjtő ökológiai kisvízi lefolyása [l/s]	1,457	0,460

A vízgyűjtő terület kb. 31,5%-a a telep fölé esik, eszerint a teljes vízgyűjtőről lefolyó vízmennyiség azonos hányadának jelentkeznie kellene a Füzes-patakban, a telep bebocsátási pontjánál. A telep feletti területre lefolyási értékek arányosítva és a korábban számított 0,88 l/s/km² fajlagos lefolyással számolva a következőképpen alakulnak: a terület átlagos lefolyása (KÖQ) 9,387 l/s, a mértékadó kisvízi lefolyás (Qaug80) 0,919 l/s és az ökológiai kisvízi lefolyás 0,460 l/s. Eszerint átlagosan másodpercenként 9,4 l a patak vízhozama, azonban a helyszíni szemlék alapján ez képtelenségnek tűnik, a telep fölött a patak sebessége ennél kevesebb. Kérdésként merült fel, hogy mi lehet az eltérés oka?

A Füzes-patak teljes vízgyűjtőre számított átlagos lefolyása 29,761 l/s. Ez – a VGT módszertana alapján – tartalmazza a terület természetes lefolyását, illetve az antropogén hatásokat, ebben az esetben a pátyi szennyvíztisztító telep által bebocsátott tisztított szennyvizet, amelynek a pontos mennyiségét információ hiányában csak közelíteni tudom.

A legjobb kiindulási alapként a pátyi szennyvíztisztító telep önellenőrzési jegyzőkönyvei szolgáltak volna, mert a jegyzőkönyv pontosan tartalmazza a telepre érkező és az onnan távozó szennyvíz mennyiségét is, azonban ezeket nem sikerült beszerezni a 2022-es évre, csak 2021-re. A szennyvízhozamra vonatkozó adatokat a 20. táblázat tartalmazza:

20. táblázat: A pátyi telep önellenzőzései (2021)

Dátum	Szennyvízhhozam			
	Közcatornán érkező [m ³]	Települési folyékony hulladék [m ³]	Érkező összesen [m ³]	Tisztított [m ³]
2021.03.04.	979	0	979	979
2021.05.07.	898	0	898	898
2021.08.05.	1071	0	1071	1071
2021.10.07.	1127	0	1127	1127

A KSH adattárában szintén találtam adatokat Páty település víz- és szennyvízhelyzetével kapcsolatban a 2020-as évre vonatkozóan, a fontosabb adatokat a 21. táblázat ismerteti. 2021-re jelenleg nincsenek adatok, a korábbi évek tendenciáit figyelembe véve 2-3% növekedés prognosztizálható az értékekben, ez elhanyagolható, ezért nem korrigáltam az adatokat.

21. táblázat: Páty település lakossága és szennyvízhálózatának főbb paraméterei (2020)

Jellemző	Érték
Lakónépesség száma az év közepén (a népszámlálás végleges adataiból továbbvezetett adat) [fő]	8076
Állandó népesség száma [fő]	8217
Közcatorna-hálózatba bekapcsolt lakások száma [db]	2413
A közüzemi szennyvízgyűjtő-hálózatban (közcsatornában) tisztítottan elvezetett összes szennyvíz mennyisége [1000 m ³]	366,2
Háztartásokból a közüzemi szennyvízgyűjtő-hálózatban (közcsatornában) elvezetett szennyvíz mennyisége [1000 m ³]	223,6
A településről közvetlenül a szennyvíztisztító telepre szállított folyékony hulladék [1000 m ³]	0,7
Háztartásoknak szolgáltatott víz mennyisége [1000 m ³]	276,2
Összes szolgáltatott víz mennyisége [1000 m ³]	311,1

Érdemes megfigyelni, hogy a szennyvízhálózat által elvezetett összes szennyvíz mennyisége (366,2 ezer m³/év, tehát 11,61 l/s) több mint másfélszerese a háztartásokból elvezetett szennyvíz mennyiségének (223,6 ezer m³/év, tehát 7,09 l/s), a különbség 142,6 ezer m³/év (4,52 l/s). Ennek (a talajból történő beszivárgáson kívül) az lehet a magyarázata, hogy a lehullott csapadék egy része a csatornahálózatban keresztül a szennyvíztisztító telepre jut, így ez a mennyiség nem jelentkezik a patakban a telep fölötti szakaszon, viszont a telep alatti igen. (Az összes szolgáltatott víz mennyisége 311,1 ezer m³/év, ebből a háztartásokra 276,2 ezer m³/év jut. A különbség 34,900 ezer m³/év, ez az ipari létesítményekben és az intézményekben jelentkezhet.)

Természetesen nem csak a háztartások vannak rákötve a csatornahálózatra, hanem például intézmények és ipari egységek is, de szóbeli közlés alapján (és mert a VGT sem közöl ezzel kapcsolatban adatokat) valószínűsíthető, hogy ez a terhelés nem jelentős, mert az ipari eredetű szennyvíz nagy része tengelyen érkezik a telepre ($700 \text{ m}^3/\text{év}$, tehát $0,022 \text{ l/s}$). Hiteles adatok hiányában ezzel az értékkel számolok a továbbiakban, de tekintve, hogy a vízszolgáltatásnál az összes szolgáltatott mennyiség és a háztartásokra jutó mennyiség különbsége ennél jóval nagyobb, érdemes fenntartással kezelni ezt a kérdést.

A csatornahálózat által elvezetett szennyvíz teljesen egésze tisztításon esik át. A befogadót a fentiek alapján évente $366,9 \text{ ezer m}^3$ ($11,63 \text{ l/s}$) terhelés éri a telepről.

A táblázatból kiszámolható, hogy az egy főre jutó ivóvíz mennyisége $38,52 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$, tehát nagyjából $105 \text{ l}/\text{fő}/\text{nap}$, 8076 fővel számolva és az intézményi és ipari felhasználást is beleszámítva. Ez az érték kevesebb, mint az iparági átlag.

A táblázatból az is kiszámolható, hogy az egy főre jutó szennyvíz mennyisége $27,69 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$, tehát nagyjából $76 \text{ l}/\text{fő}/\text{nap}$, szintén 8076 fővel számolva. Ez az eredmény valamivel kevesebb, mint amire az iparági tapasztalatok alapján számítani lehet, ezért feltételezhető, hogy a lakosság egy rész nincs a közcsatorna-hálózatra csatlakozva, hanem valamiféle egyedi szennyvízkezelési megoldással rendelkezik. (A közműtérképet megvizsgálva látható, hogy valóban vannak ilyen ingatlanok és a KSH statisztika is alátámasztja ezt a feltételezést: 2672 lakásból 259 nincs bekötve a szennyvízhálózatba.)

A teljesség kedvéért megemlítem, hogy természetesen a VGT3 is tartalmaz ide vágó adatokat, de mivel például az „állandó népesség” mezőben 7476 fő szerepel (2018-ban volt ennyi) és a bekötött lakások száma is csak 1976 , ezért úgy gondolom, hogy az ott látható adatok esetleg nem a legfrissebbek és ennek megfelelően kell őket kezelni.

A $366,9 \text{ ezer m}^3$ -es éves szennyvízterhelés naponta 1005 m^3 tisztított szennyvíz beengedését jelenti a Füzes-patakba. Ez nagyjából egybevág az önellenőrzések adataival és bőven az engedélyezett 1300 m^3 alatt van, de fontos megemlíteni, hogy ez átlagérték, számos esetben előfordul, hogy a telep közelíti vagy meg is haladja a hidrológiai kapacitásának határait.

A teljes vízgyűjtőre jutó $29,76 \text{ l/s}$ lefolyásnak egy része – $7,11 \text{ l/s}$ – tehát (a csatornán keresztül, illetve tengelyen szállított) kommunális szennyvízből jön, a maradék – $22,65 \text{ l/s}$ – forrása a csapadék. Mivel a vízgyűjtő kb. $31,5\%$ -a a telep fölé esik, így a lefolyás arányos része $7,14 \text{ l/s}$ azonban ennek egy része – $4,52 \text{ l/s}$ – a patak helyett a csatornahálózatba kerül,

így egyszerűen kiszámítható a patak vízhozama a telep fölötti pontban: $7,14 - 4,52 = 2,62$ [l/s]

22. táblázat: A számított lefolyások és vízhozamok összefoglalása

Jellemző	Érték
A Füzes-patak vízhozama a telep fölött, tehát a vízgyűjtő lefolyása a csatornába kerülő csapadék figyelembevételével [l/s]	2,62
A telep fölötti vízgyűjtőre jutó csapadékmennyiség csatornába kerülő részének hozama, tehát a telep kibocsátásának csapadékból származó része [l/s]	4,52
A kommunális szennyvíz hozama (csatorna + tengely) [l/s]	7,11
A telep alatti terület arányos lefolyása [l/s]	15,51
Összesen [l/s]	29,76

5.6 A kibocsátott szennyvíz jellemzése

A VGT3 a pátyi szennyvíztisztító teleppel kapcsolatban az alábbi éves települési szennyvízterhelést határozta meg:

23. táblázat: A kibocsátott szennyvíz paraméterei a VGT3-ban

Jellemző	Érték
A kibocsátott tisztított szennyvíz mennyisége [ezer m ³ /év]	300
BOI ₅ [kg/év]	1830
KOI _{kr} [kg/év]	18386
TN [kg/év]	3779
TP [kg/év]	886
Lebegőanyag [kg/év]	3605
Ammónia-ammónium-N [kg/év]	1460

A kibocsátott szennyvíz mennyiségét (300 ezer m³/év) összevetve a 22. táblázat hasonló adatával (366,9 ezer m³/év) úgy gondolom, hogy a hitelesebb eredmény érdekében a 23. táblázat értékeit korrigálni kell a két mennyiség arányával. A korrigált értékeket a 24. táblázat tartalmazza. Ha a kapott értékek mellé tesszük a vízjogi engedélyben megszabott határértékeket, akkor látszik, hogy a szennyvíztisztító telep átlagosan tudta azokat tartani a vizsgált időszakban, tehát 2021-ben. A 2022-es évvel kapcsolatban nem állt rendelkezésemre információ.

24. táblázat: A kibocsátott szennyvíz paraméterei a határértékek tükrében 2021-ben

Jellemző	Korrigált érték [kg/év]	Korrigált érték [mg/l]	Határérték [mg/l]
BOI ₅	2238,1	6,10	25
KOI _{kr}	22486,1	61,29	125
TN	4621,7	12,60	25
TP	1083,6	2,95	5
Lebegőanyag	4408,9	12,02	35
Ammónia-ammónium-N	1785,6	4,87	5

A VGT azt is megállapítja, hogy ez a tápanyag- és szervesanyag terhelés fontos hatással van befogadóra. Az ipari szereplők tekintetében a VGT nem tart nyilván olyan kibocsátót, amelynek közvetlen befogadója a patak lenne, így feltételezhetjük, hogy az ipari szennyvíz teljes egésze is a pátyi telep terheléseként jelentkezik. Szóbeli közlések alapján a telepre bekerülő ipari szennyvíz mennyisége jelenleg nem számottevő. (Ez a közeljövőben biztosan változni fog, mert tervben van ipari park létesítése.)

2022-re nem áll rendelkezésre hivatalos mérési eredmény, ezért a saját méréseimre tudok támaszkodni a szennyvíztisztító telep kibocsátásának vizsgálatához. A hígulási egyenlet segítségével számítható a telep által kibocsátott szennyvízben a koncentráció:

$$C_0 = \frac{C_h \cdot Q + C_{sz} \cdot q}{Q + q} \quad [\text{mg/l}],$$

ahol

- C_h a bevezetés feletti háttér koncentráció [mg/l],
- Q a befogadó (terhelési állapot szempontjából mértékadó) vízhozama [l/s],
- C_{sz} a szennyvíz minőségét jellemző koncentráció [mg/l] és
- q a szennyvíz hozama [l/s].

C_h és a C_0 a saját mérési eredményeim rendre az F és az A pontban, hiszen az F pontban mért C_h érték a gyakorlatban az adott anyag háttérkoncentrációját jelenti a telep fölött, az A pontban mért C_0 érték pedig a folyásirányú koncentráció számításának kiinduló állapota. Q a patak feljebb számított átlagos vízhozama (2,62 l/s), q pedig a 21. táblázatból számolható (11,61 l/s). Q és q természetesen 2021-re vonatkozó adatok, de úgy gondolom, hogy az esetleges pontatlanságuk nem befolyásolja érdemben a számítások eredményét. Ezek alapján

egyedül C_{sz} , tehát a kibocsátott szennyvízre vonatkozó koncentráció ismeretlen – hiszen az idei önellenőrzési adatok nem állnak rendelkezésre –, de az összefüggés segítségével minden mért jellemző minden mérésére kiszámítható. Az egyes jellemzőkre átlagolva a kapott eredményeket előállítható egy átlagos koncentráció, amit felszorozva a kibocsátott szennyvíz éves mennyiségével meghatározható az éves kibocsátás, ami már hasonlítható az előző éves adatokhoz (lsd. 24. táblázat). A BOI-t – az 5.4.5-ös fejezetben ismertetett okból itt már nem vettem figyelembe.

25. táblázat: A kibocsátott szennyvíz számított paraméterei 2022-re

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	KOI _{kr} [mg/l]
1	0,843	0,338	5,6	3,48	n/a
2	0,154	0,276	5,3	0,30	55,28
3	0,545	0,261	4,9	2,61	39,62
4	1,275	0,173	3,4	4,04	80,20
5	0,891	0,275	0,1	3,81	54,57
6	0,304	0,273	2,6	2,11	37,01
7	0,363	0,246	0,3	4,30	72,07
8	0,240	0,290	4,8	3,24	62,38
9	0,900	0,311	4,5	3,65	46,68
10	0,820	0,172	4,8	3,20	21,82
Átlag	0,630	0,262	3,6	3,07	52,18
Éves mennyiség [kg]	233	96	1325	1127	19144

Szembetűnő, hogy az NH₄-N 2022-re számított átlaga jóval elmarad a 2021-es értéktől és a megszabott határértéktől is, magyarázatot egyelőre nem találtam a jelenségre.

Az összes nitrogénnel kapcsolatban adat hiányában csak annyi megállapítást lehet tenni, hogy a 2022-re számított szerves N koncentrációja 4,363 mg/l, ami jóval a határérték alatt van, de persze nem tartalmazza a szerves részt.

Ugyanez igaz az összes foszforra, 2022-re csak ortofoszfátot lehet kalkulálni, viszont ennek értéke 3,06 mg/l, ami már nincs nagyon messze az 5 mg/l határértéktől és mivel már önmagában is valamivel magasabb, mint a 2021-es összes foszfor átlagos koncentrációja, így nem zárható ki annak a lehetősége, hogy az összes foszfor átlagos koncentrációja 2022-ben a határérték fölött alakul.

A mangánt és az oldott oxigént nincs mihez hasonlítani, ezért nem térek ki rájuk. Szintén nem térek ki a lebegőanyag mennyiségére, mert ezzel kapcsolatban nem áll rendelkezésre mérési eredmény 2022-re.

A KOI 2022-re számított átlagos koncentrációja nem tér el lényegesen a 2021-es értéktől és mindkettő nagyon messze van a megszabott határértéktől. Ez sajnos nem jelenti azt, hogy minden rendben van, mert a minősítés szerint ezek elég magas értékek, a patak nem jó állapotú ebből a szempontból sem.

5.7 Terhelhetőség

A terhelhetőség, hogy a 3.5-ös fejezetben olvasható, az a szennyezőanyag-terhelés, amely még megengedhető anélkül, hogy az ökoszisztémában jelentős káros hatást vagy visszafordíthatatlan károkat okozna.

Az 5.6-os fejezetben látható, hogy a pátyi szennyvíztisztító telep nagy átlagban teljesíti a számára előírt határértékeket, azonban tagadhatatlan, hogy a Füzes-patak rossz állapotban van a telep alatt, ahogy a 17. táblázat is szemlélteti. A táblázatból az is kitűnik, hogy már fölötte is nagyon messze van a VKI által megkívánt jó állapottól.

Érdekes lehet megvizsgálni, hogy mi az a szennyvíz-koncentráció, ami még nem veszélyezteti a patak jó állapotát a telep alatti szelvényben. Első olvasásra itt talán ellentmondás fedezhető fel, hiszen az előző bekezdés alapján a patak már a telep felett sincs jó állapotban, azonban nem szabad elfeledkezni arról, hogy a beeresztett szennyvíz elkeveredik a patak vizével és emiatt a koncentráció a hígulási egyenlet alapján fog alakulni. Az egyenlet paraméterezését ismerteti a 26. táblázat.

26. táblázat: Az elkeveredési egyenlet paraméterezése a kibocsátási koncentrációk meghatározásához

Jellemző	Érték
C_0	A szennyvízbevezetés utána koncentráció, ebben az esetben a jó állapothoz tartozó határérték a 11.10. mellékletből
C_h	A bevezetés feletti háttér-koncentráció, ebben az esetben az F pontnál mért érték az 5.4. fejezetből
Q	A befogadó vízhozama, 2,62 l/s (számítása az 5.5. fejezetben található)
q	A szennyvíz hozama, 11,63 l/s (számítása szintén az 5.5. fejezetben található)

A számítás során kényszerűségből egyszerűsítéssel kellett élnem, ugyanis nem álltak rendelkezésre a beeresztési pont közvetlen közeléből származó mérési eredmények, csak a

már korábban említett F pontban mért értékek. Szintén nem ismerek a k lebomlási tényezők, így a pontos koncentrációkat kiszámítani sem volt lehetséges. Azonban az F pont és a beeresztési pont távolsága viszonylag kicsi, ezért úgy gondolom, hogy ha az eredmény nem is teljesen pontos, de jelentős eltérés nem lehet a valósághoz képest.

27. táblázat: Számított terhelhetőségi adatok

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	KOI _{kr} [mgO ₂ /l]
1	0,120	0,040	0,2	0,01	0,00
2	-0,032	0,034	0,8	-0,29	14,8
3	0,055	0,029	0,6	-0,07	15,1
4	-0,011	0,029	2,4	-0,49	14,0
5	0,107	0,030	0,9	-0,02	15,4
6	0,108	0,014	2,8	-0,03	15,0
7	0,068	0,042	3,3	-0,24	10,8
8	0,118	0,039	3,7	-0,03	14,6
9	0,114	0,040	2,8	-0,11	14,8
10	0,120	0,029	1,2	0,01	15,7
Átlag	0,077	0,033	1,9	-0,12	14,5

A 27. táblázatban számos esetben látható negatív érték (ezeket pirossal jelöltem), ezekben az esetekben még akkor sem érhető el a patak „jó” állapota, ha a kibocsátott szennyvízben 0 lenne az adott szennyezőanyag koncentrációja, tehát ezekben az esetekben elméletileg is lehetetlen elérni a jó állapotot. Számos érték ugyan pozitív, de 0 körüli, ezekben az esetekben nem sok kell ahhoz, hogy elméletileg is lehetetlen legyen elérni a VGT szerinti „jó” állapotot. A táblázat utolsó sora a mérési eredmények átlagát tartalmazza, az ortofoszfát-foszfor tekintetében így sem biztatóbb az eredmény.

Az elméleti terhelhetőségi adatok birtokában megvizsgálható, hogy a szennyvíztisztító telep kalkulált kibocsátási értékei hogyan viszonyulnak ezekhez (a BOI-t természetesen ebben az esetben sem vizsgáltam):

28. táblázat: A kibocsátás viszonya a terhelhetőséghez

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	KOI _{kr} [mgO ₂ /l]
1	0,843	0,338	5,6	3,48	n/a
2	0,154	0,276	5,3	0,30	55,3
3	0,545	0,261	4,9	2,61	39,6
4	1,275	0,173	3,4	4,04	80,2
5	0,891	0,275	0,1	3,81	54,6
6	0,304	0,273	2,6	2,11	37,0
7	0,363	0,246	0,3	4,30	72,1
8	0,240	0,290	4,8	3,24	62,4
9	0,900	0,311	4,5	3,65	46,7
10	0,822	0,172	4,8	3,20	21,8

A táblázat cellái a számított kibocsátási értékeket tartalmazzák és azok az értékek vannak piros színnel jelölve, ahol a kibocsátás meghaladja a Füzès-patak terhelhetőségét. Ahogy arra számítani lehetett, ez a legtöbb esetben fennáll, egyedül a nitrát-nitrogén esetében volt három olyan mérés, amikor a kibocsátott szennyvíz annyira fel tudta hígítani a patak vizét, hogy az A pontban mérve a vízminőség legalább a „jó” osztályba esett. A kapott eredmény egybevág a 11.9. melléklettel, amelynek a színezése megmutatja, hogy az A pontban vett minta pontosan csak ebben a három esetben volt legalább „jó”.

A terhelhetőséget minden paraméter esetében az átlagos vízhozamra számítottam ki és már ez az eredmény is rendkívül szomorú. Érdemes elgondolkozni azon, hogy a kapott eredmény tükrében milyen lehet a patak vízminősége például az ökológiai kisvíz idején. Az számítások nélkül is biztosra mondható, hogy sokkal-sokkal rosszabb.

5.8 További terhelhetőségi számítások

Az 5.7-es fejezetben a patak becsült átlagos vízhozamával (2,62 l/s) számítottam a terhelhetőséget. Ez az átlagos vízhozam a vízgyűjtő terület nagyságától is függ, ezt 10,67 km²-re becsültem a rendelkezésre álló adatok alapján. Érdekes lehet megvizsgálni, hogy hogyan alakulnak a vízhozam, a koncentráció és a terhelhetőség adatok ennél valamivel kisebb (3/4 T) és valamivel nagyobb (5/4 T) vízgyűjtőkre.

5.8.1 Számítások kisebb vízgyűjtőre

Az eredetileg becsült 10,67 km² 3/4 része 8 km². Az erre számított lefolyás és vízhozam adatokat a 29. táblázat, a terhelhetőségi adatokat a 30. táblázat összegzi.

29. táblázat: A számított lefolyások és vízhozamok összefoglalása (kisebb vízgyűjtő esetén)

Jellemző	Érték
A Fűzes-patak vízhozama a telep fölött, tehát a vízgyűjtő lefolyása a csatornába kerülő csapadék figyelembevételével [l/s]	0,84
A telep fölötti vízgyűjtőre jutó csapadékmennyiség csatornába kerülő részének hozama, tehát a telep kibocsátásának csapadékból származó része [l/s]	4,52
A kommunális szennyvíz hozama (csatorna + tengely) [l/s]	7,11
A telep alatti terület arányos lefolyása [l/s]	17,29
Összesen [l/s]	29,76

30. táblázat: Számított terhelhetőségi adatok (kisebb vízgyűjtő esetén)

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	KOI _{kr} [mgO ₂ /l]
1	0,106	0,040	2,1	0,06	n/a
2	0,058	0,038	2,3	-0,04	14,9
3	0,086	0,036	2,2	0,03	15,0
4	0,064	0,036	2,8	-0,10	14,7
5	0,102	0,037	2,3	0,05	15,1
6	0,103	0,032	2,9	0,05	15,0
7	0,090	0,041	3,1	-0,02	13,7
8	0,106	0,040	3,2	0,04	14,9
9	0,104	0,040	2,9	0,02	14,9
10	0,106	0,036	2,4	0,06	15,2
Átlag	0,092	0,038	2,6	0,01	14,8

A kisebb vízhozamra számított terhelhetőségeket az átlagos vízhozam számításaihoz (27. táblázat) viszonyítva megállapítható, hogy a terhelhetőség tekintetében összességében egyfelől jobb a helyzet a kisebb vízhozammal számolva, másfelől viszont nem. Bizonyos esetekben nőtt a terhelhetőség, más esetekben viszont csökkent, de a korábbi 10 eset helyett már csak 3-ban lehetetlen elérni a kívánt vízminőséget a vizsgált paraméterek tekintetében.

31. táblázat: A kibocsátás viszonya a terhelhetőséghez (kisebb vízgyűjtő esetén)

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	KOI _{kr} [mgO ₂ /l]
1	0,739	0,301	6,8	3,09	n/a
2	0,221	0,250	6,3	0,48	50,3
3	0,515	0,239	6,0	2,38	36,5
4	1,190	0,163	3,7	3,86	72,6
5	0,788	0,251	1,6	3,39	49,4
6	0,274	0,258	2,7	1,91	34,3
7	0,347	0,220	0,4	3,95	67,3
8	0,213	0,259	4,2	2,91	56,7
9	0,793	0,277	4,4	3,31	42,8
10	0,721	0,162	5,5	2,85	20,6

A kibocsátás és a terhelhetőség viszonyát vizsgálva (31. táblázat) látható, hogy kisebb vízhozamnál rosszabb a helyzet, a kibocsátás minden esetben meghaladja a terhelhetőséget (hiszen minden cella piros színnel van jelölve), de ez önmagában nem jelent rosszabb állapotokat, hiszen az átlagos vízhozammal számolva is csak 3 esetben maradt a kibocsátás a terhelhetőség alatt.

5.8.2 Számítások nagyobb vízgyűjtőre

Az eredetileg becsült 10,67 km² 5/4 része 13,34 km². Az erre számított lefolyás és vízhozam adatokat a 32. táblázat, a terhelhetőségi adatokat a 33. táblázat összegzi.

32. táblázat: A számított lefolyások és vízhozamok összefoglalása (nagyobb vízgyűjtő esetén)

Jellemző	Érték
A Füzes-patak vízhozama a telep fölött, tehát a vízgyűjtő lefolyása a csatornába kerülő csapadék figyelembevételével [l/s]	4,41
A telep fölötti vízgyűjtőre jutó csapadékmennyiség csatornába kerülő részének hozama, tehát a telep kibocsátásának csapadékból származó része [l/s]	4,52
A kommunális szennyvíz hozama (csatorna + tengely) [l/s]	7,11
A telep alatti terület arányos lefolyása [l/s]	13,72
Összesen [l/s]	29,76

33. táblázat: Számított terhelhetőségi adatok (nagyobb vízgyűjtő esetén)

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	KOI _{kr} [mgO ₂ /l]
1	0,133	0,041	-1,7	-0,03	n/a
2	-0,123	0,029	-0,8	-0,54	14,7
3	0,025	0,021	-1,1	-0,18	15,2
4	-0,087	0,021	2,0	-0,87	13,4
5	0,111	0,024	-0,5	-0,08	15,6
6	0,114	-0,003	2,7	-0,10	14,9
7	0,047	0,043	3,5	-0,45	7,9
8	0,130	0,038	4,1	-0,11	14,3
9	0,123	0,040	2,6	-0,24	14,7
10	0,134	0,021	0,0	-0,03	16,2
Átlag	0,061	0,027	1,1	-0,26	14,1

A nagyobb vízhozamra számított terhelhetőségeket az átlagos vízhozam számításaihoz (27. táblázat) viszonyítva itt is megállapítható, hogy nincs korreláció a vízhozam és a terhelhetőség között, de ebben semmi rendkívüli nincs, hiszen a terhelhetőség nem csak a vízhozamtól függ, hanem a háttérterheléstől is. Egyértelműen negatívum, hogy a normál vízhozam 10 esete helyett már 17-ben lehetetlen akár csak elméletileg is elérni a kívánt vízminőséget a vizsgált paraméterek tekintetében.

34. táblázat: A kibocsátás viszonya a terhelhetőséghez (nagyobb vízgyűjtő esetén)

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	KOI _{kr} [mgO ₂ /l]
1	0,947	0,376	4,4	3,87	n/a
2	0,087	0,302	4,3	0,12	60,2
3	0,576	0,282	3,8	2,84	42,8
4	1,361	0,183	3,1	4,22	87,8
5	0,994	0,300	-1,5	4,22	59,7
6	0,335	0,288	2,4	2,30	39,7
7	0,378	0,273	0,1	4,65	76,9
8	0,268	0,321	5,3	3,57	68,1
9	1,008	0,344	4,6	4,00	50,6
10	0,924	0,182	4,0	3,56	23,1

A kibocsátás és a terhelhetőség viszonyát vizsgálva (34. táblázat) látható, hogy nagyobb vízhozammal számolva is csak 3 esetben nem haladta meg a kibocsátás a terhelhetőséget, viszont van egy negatív érték is. A negatív érték nyilvánvalóan elméletileg lehetetlen ebben a kontextusban, azt jelentené, hogy a telepnek nem, hogy nem 0, hanem negatív a kibocsátása.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A Füzös-patak ökológiai állapota régóta foglalkoztatja a környék lakosságát, hiszen időről időre kifogások merülnek fel a vízminőséggel kapcsolatban. A patak a befogadója a pátyi szennyvíztisztító telepnek, és mivel más szennyező nem ismert, logikus lehet a következtetés, hogy a szennyvíztisztító felelős a patak rossz állapotáért. A kérdés sajnos mégsem zárható le ennyivel, mert a telep a hatályos jogszabályok alapján önellenőrzésre kötelezett és a mérések alapján tartják a megszabott határértékeket. Az önellenőrzések mellett – lakossági bejelentésre – számtalan esetben vizsgálták már különböző hatóságok a patak vízminőségét és szóbeli közlések alapján nem állapítottak meg kirívó szabálytalanságot, a mért értékek legfeljebb egyes esetekben és csak csekély értékben haladták meg a – az egyébként éves átlagra vonatkozó – kibocsátási határértékeket. Dolgozatomban ennek a látszólagos ellentmondásnak jártam utána a patak vízminőségének vizsgálatán keresztül.

6.1 Elvégzett munka

Minden hasonló jellegű feladatnál első lépésként meg kell ismerni a vizsgálat tárgyát (ebben az esetben a Füzös-patakot) és az összes fontos körülményt, mert anélkül, hogy kontextusba helyeznénk a problémát, nem lehet helyes eredményre jutni. Ennek szellemében

- helytörténeti és földrajzi kutatásokat végeztem a környékkel kapcsolatban,
- bejártam a patakot a forrástól egészen a Benta-torkolatig és feljegyeztem minden lényegesnek vélt körülményt,
- ellátogattam a pátyi szennyvíztisztító telepre, ahol lehetőségem volt megismerni a telep felépítését, az alkalmazott technológiákat, a problémákat és a terveket,
- megkerestem az érintett hatóságokat (egy kivételtől eltekintve nem kaptam érdemi segítséget),
- kutatást végeztem a nyilvánosan hozzáférhető adatbázisokban (például a KSH és az E-közmű weboldalan) és
- informálódtam a környékbeli civil szervezeteknél.

Sajnos az erőfeszítések ellenére sem sikerült hozzájutnom minden adathoz, ami szükséges lett volna egy igazán precíz elemzéshez.

A következő lépés a szakmai háttér feltérképezése volt. Megismerkedtem

- a vízminőség-szabályozás fogalmával és kérdéseivel,
- az állapotértékelés fogalmával, különböző módszereivel és a kapcsolódó szabványokkal,
- a vízminőség jellemzőivel, a közöttük levő összefüggésekkel és a vízminőségi osztályokkal,
- a Víz Keretirányelv (VKI) és a Vízügy-tervezési Terv (VGT) fogalmával, céljával, szerepével, felépítésével és az eddigi három VGT releváns tartalmával (beleértve az alkalmazott módszertanokat is),
- a VKI monitoring rendszerével és a VKI szerinti állapotértékeléssel és
- a vízminőségvédelem és a szennyésszabályozás jogi háttérével (beleértve a határértékeket is).

A célként kitűzött vízminőség-vizsgálathoz nem állt rendelkezésre adat, ezért megterveztem egy majdnem egy egész évig tartó mérésorozatot, amelyhez meg kellett határozni a vizsgálandó paraméterek körét, a mintavételek helyét, idejét és módszerét, valamint az elvégezni kívánt vizsgálatok körét. Az év során 10 alkalommal vettem mintát a patakából 2-2 helyről és minden alkalommal elvégeztem a helyszíni és a laboratóriumi méréseket. A kapott eredményeket táblázatban rögzítettem és később a számításokhoz felhasználtam.

6.2 Elvégzett számítások

6.2.1 A Füzes-patak átlagos vízhozama a telep felett

A számításokhoz nagy szükség lett volna megbízható vízhozam-adatra közvetlenül a szennyvíztisztító telep feletti pontban, de ez végül nem állt rendelkezésre, így találnom kellett egy közelítő módszert a meghatározására. A meghatározáshoz a következő adatokat használtam fel:

- a VGT-nek a Füzes-patak vízgyűjtőjére (vízgyűjtő terület nagysága, földrajzi elhelyezkedés és a lefolyási értékek) és a pátyi telepre vonatkozó adatait,
- a KSH demográfiai (lakosság alakulása) és az infrastruktúrával kapcsolatos (például a csatornahasználat és a szennyvízmennyiség) adatai és
- a pátyi szennyvíztisztító telep 2021. évi önellenőrzéseinek eredményei.

Minthogy a teljes vízgyűjtőre megadott lefolyási értékek tulajdonképpen a Fűzes-pataknak a Benta-patakba történő becsatlakozása felett kicsivel mért vízhozamai, ezért hasonló elgondolást követve tetszőleges szelvényben is meghatározható a vízhozam. Ehhez először le kell határolni a vizsgált szelvényhez tartozó részvízgyűjtőt, majd a vízgyűjtők területének arányosításával meghatározható a részvízgyűjtő átlagos lefolyása, ami megegyezik a vízfolyás átlagos vízhozamával. A képlet azonban sokszor nem ilyen egyszerű, így szükséges volt elvégezni néhány korrekciót az adatokon:

- a Fűzes-patak vízgyűjtőjére vonatkozó sokéves fajlagos lefolyást a nem éppen naprakész adatok miatt korrigálni kellett egy – a VGT-ben fellelt – korrekciós tényezővel,
- a vizsgált részvízgyűjtő lefolyási adatait korrigálni kellett a közcsatorna-rendszer által elvezetett csapadékmennyiséggel, valamint
- a VGT egyes szennyezők mennyiségeire vonatkozó adatait korrigálni kellett a KSH szennyvízmennyiségre vonatkozó adatának és a VGT által megadott szennyvízmennyiség hányadosával, mert a VGT adata itt is elavultnak látszott.

Kisvízfolyáson vízhozamot mérni nem triviális feladat (főleg akkor nem, ha nincs beépítve mérőbukó), mert a meder alakjának esetlegessége miatt nehéz pontosan meghatározni az áthaladó víz mennyiségét. Mindemellett sok mérés szükséges ahhoz, hogy reprezentatív eredmény szülessen. Úgy gondolom, hogy a választott módszerrel sikerült jól közelíteni a keresett mennyiséget, bár bizonyosságot természetesen csak a módszer mérési validációja adna.

A módszer segítségével meg lehet határozni a vízhozamot minden esetben, amikor nem áll rendelkezésre pontos mérési eredmény vagy nem lehetséges a mérések elvégzése, de nagyon fontos a részvízgyűjtő körütekintő meghatározása és a korrekciós tényezőket is alaposan meg kell fontolni.

6.2.2 A kibocsátott szennyvíz jellemzése

A VGT 2021-re vonatkozóan tartalmaz adatokat a telep által kibocsátott szennyvízzel kapcsolatban, de a minőséggel kapcsolatos adatok jobb összehasonlíthatósága miatt itt is korrigáltam őket a KSH által megadott szennyvízmennyiség és a VGT-ben szereplő szennyvízmennyiség hányadosával. Az így kapott érték már hasonlítható volt a megszabott

határértékekhez, így le lehetett vonni a megfelelő következtetést a telep működésével kapcsolatban.

2022-re a saját mérési eredményeim, a hígulási egyenlet és a korábban meghatározott átlagos vízhozam segítségével számítottam ki a telep által kibocsátott szennyvízre vonatkozó koncentrációkat. Az éves szennyvízmennyiséggel szorozva megkaptam az egyes szennyezők egy évre vonatkozó kibocsátását.

6.2.3 A terhelhetőség

Szintén a korábban meghatározott átlagos vízhozam és a hígulási egyenlet segítségével számítottam ki a Fűzes-patak terhelhetőségét, vagyis azokat az elméleti szennyvíz-koncentrációkat, amelyek még nem veszélyeztetik a patak VKI szerinti „jó” állapotát. A számított kibocsátási koncentrációkat a terhelhetőséghez hasonlítva le lehetett vonni a szükséges következtetéseket.

6.3 Következtetések

A pátyi szennyvíztisztító telep átlagosan tartja ugyan a számára előírt határértékeket, de ennek ellenére rendkívül sok a panasz a Fűzes-patak vízminőségére. Mivel a panaszok szinte kizárólag a lakosságtól érkeznek, így nem mondhatóak objektívnek abban az értelemben, hogy nincsenek alátámasztva például mérési adatokkal, inkább csak szubjektív állításokon (például, hogy bűdös vagy habos a víz) alapulnak. Először tehát meg kellett vizsgálni a panaszok „jogosságát”, amit a legegyszerűbben a vízminőség vizsgálatával lehetett megtenni.

Az általam elvégzett helyszíni és laborvizsgálatok eredményeit a különböző minősítési rendszerek szerint vizsgálva kijelenthető, hogy a patak meglehetősen rossz állapotban van, de nem csak a telep alatt, hanem már felette is. A telep nem minden paraméter tekintetében ront a vízminőségi besoroláson: van olyan jellemző (a nitrát-nitrogén), amin van, hogy javít a beengedett szennyvíz és van olyan jellemző is (a nitrit-nitrogén), amelynek általában nem változik a besorolása.

Fontos hangsúlyozni, hogy – habár a méréseim során nem talákoztam ilyen esettel – előfordulhat, hogy a szennyvíztisztító telep – a terhelés, vagyis a nyers szennyvíz minőségének függvényében – túllépi a megszabott kibocsátási határértékeket. Ezt gyakoribb, az elfolyó szennyvízre irányuló mintavételezéssel lehetne ellenőrizni.

A patak környezetének vizsgálata után (a patak felső szakaszán nagy kiterjedésű mezőgazdasági területek vannak) elképzelhető, hogy az állapotért a mezőgazdaság okolható,

ezt további (a talajt és a felszín alatti vizeket érintő) vizsgálatokkal lehetne alátámasztani. Illegális szennyvízbeengedés szintén elképzelhető, ez sajnos országos probléma olyan területeken, ahol nincs teljes csatornázottság (hiszen a patakokba olcsóbb beengedni a szennyvizet, mint szabályosan elszállíttatni). Bármilyen is szennyezi a patakot, a szennyezés valószínűleg folyamatos, hiszen minden mintavételkor hasonló volt a patak állapota a felső szakaszon. A patak vízhozama kicsi, ezért valószínűleg az alkalmanként szennyvízbeengedés észrevehető lenne.

A számítások azt mutatják, hogy van olyan paraméter (az ortofoszfát-foszfor), amelynek a tekintetében akkor sem garantálható a patak jó állapota, ha a telep emissziója a paraméter tekintetében nulla, ez komoly bajt jelent.

A BOI-ra vonatkozó mérések szükségesek lennének további következtetések levonásához, hiszen a nyers szennyvíz rendelkezhet olyan magas koncentrációval, amely messze meghaladja azt az értéket, amire a telepet méretezték.

Fontos körülmény, hogy a településre hulló csapadékmennyiség egy része a csatornába kerül és a telepen keresztül jut a patakba. Ez több okból sem előnyös:

- A szennyvíztisztító telep már hidraulikai kapacitása határán jár és a hirtelen lezúduló nagyobb mennyiségű csapadék jelentős többletterhelést jelent még akkor is, ha rendelkezik záportározóval.
- A szennyvíztisztító telepek – főleg az elavultabbak – akkor működnek jól, ha a beérkező szennyvíz mennyisége és minősége is közel állandó. A kommunális szennyvízre mindkét állítás igaz, de a csapadékra egyik sem.
- A közcsatornába kerülő csapadékmennyiség hiányzik a talajból és hiányzik a Füzespatak telep feletti szakaszáról is. A számításaim alapján másodpercenként 9,4 literről 2,62 literre csökkenti a patak átlagos vízhozamát, ami jelentős különbség.

Az, hogy a telep teljesíti a megszabott határértékeket és mégis rossz állapotban van a patak, mégsem ellentmondás tehát: azt mutatja, hogy a határértékek nem, vagy csak kis mértékben veszik figyelembe a befogadó paramétereit. Ahhoz, hogy a patak vízminősége a jó irányba változzon, mindenképp szükséges lenne olyan határértékeket megszabni, amik figyelembe veszik a terhelhetőségét. Az a kérdés, hogy vajon az esetenként jóval szigorúbb határértékek is betarthatóak lennének-e a jelenlegi politikai-gazdasági viszonyok között, messzire vezet.

6.4 Ismert hiányosságok, további tennivalók

A legfontosabb további tennivaló a 6.2.1-es fejezetben bemutatott módszer helyességének mérésekkel történő ellenőrzése lenne, ehhez több adat rendelkezésre állása szükséges:

- a vízgyűjtő pontos területe,
- a Füzes-patak vízhozamára és a vízminőségre vonatkozó adatok közvetlenül a pátyi szennyvíztisztító feletti és alatti szelvényből,
- a telepre befolyó és onnan kiengedett szennyvíz minőségét és mennyiségét jellemző adatok, a lehető legkisebb granularitásban (hiszen összegezni bármikor lehet) és
- Páty település csatornázottságára és demográfiájára vonatkozó adatok.

Ha bebizonyosodna a módszer helyessége, akkor a jövőben jóval kisebb erőfeszítéssel, de megfelelő pontossággal lehetne meghatározni kisvízfolyások vízhozamát.

Érdemes lenne még több mérést végezni, hiszen számos egyéb paramétert is lehetne vizsgálni (például TOC, TN, TP, ÖLA, illetve a BOI, ami most nem sikerült), további mintavételi pontok kijelölésével pedig ki lehet számítani a k lebomlási tényező értékét minden vizsgált paraméterre. A k tényező ismeretében pontosabban lehetne modellezni a patak paramétereit az alsóbb szakaszokon.

Vizsgálni lehetne az elfolyó szennyvizet is a teljesebb kép kedvéért, de ha vannak pontos vízhozam adatok (beleértve az elfolyó szennyvíz hozamát is), akkor a hígulási egyenletből ezeket a paramétereket ki is lehet számítani. A koncentráció közvetlen mérése nyilvánvalóan pontosabb eredményt adna.

A fizikai-kémiai vizsgálatokon túl célszerű lenne mikrobiológiai vizsgálatokat is végezni a rossz állapot okának felderítése céljából.

El kellene végezni a dolgozatban említett talaj- és talajvízvizsgálatokat a patak felső szakaszán, hogy tisztázódjon a mezőgazdaság hatása a patak vízminőségére, illetve helyszíni bejárás során fel kellene deríteni az esetleges illegális szennyvízbevezetéseket.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Adott egy szennyvíztisztító telep és adott egy kisvízfolyás, amely a szennyvíztisztító telep befogadója. Adottak a kibocsátásra meghatározott határértékek. Adott a lakosság, amely időről időre kifogásokat emel a kisvízfolyás vízminőségével kapcsolatban és adottak a vizsgálatok, amelyek szerint nem történik kirívó szabálytalanság a telepen. A dolgozat célja ennek a nyilvánvaló ellentmondásnak a feloldása volt.

A 10 alkalmas mintavételi sorozat és a hozzá kapcsolódó laboratóriumi mérések során igazolást nyert, hogy a patak vízminősége valóban rossz, messze van a VGT által kitűzött jó állapottól. Ezért az állapotért viszont – a kezdeti feltételezésekkel ellentétben – nem kizárólag a szennyvíztisztító telep felel.

A mérések azt is megmutatták, hogy a patak már a szennyvíztisztító telep felett is nagyon rossz állapotban van és természetesen a telep ront ezen. A számítások igazolták, hogy a meghatározott kibocsátási határértékek nincsenek összhangban a befogadó terhelhetőségével. A VGT szerinti jó állapot eléréséhez szükséges lenne szigorúbb, a befogadó állapotát előtérbe helyező határértékeket megszabni, de legalább ugyanilyen fontos lenne felderíteni annak az okát, hogy miért rossz a patak vízminősége már a szennyvíztelep feletti szakaszon is.

A szennyvíztisztító telep átlagosan képes tartani a megszabott határértékeket, de egyre gyakrabban fordul elő, hogy nagyobb (esetenként jelentősen nagyobb) terhelést kap, mint amire méretezték és ezekben az esetekben előfordulhat, hogy a kibocsátott szennyvízre vonatkozóan nem teljesülnek a határértékek. Ez felhívja a figyelmet egy nagyon fontos problémára: az agglomerációs települések növekedésével az infrastruktúra (valószínűleg gazdasági okokból) nem képes lépést tartani és ennek – ebben az esetben – a környezetünk, és végső soron az emberek viselik a következményeit.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/04/1_9_Kozep_Duna_JVK_2020_jovahagyott.pdf, Jelentős Vízgazdálkodási Kérdések, 1-9 Közép-Duna vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegység, letöltés: 2022.07.24.
- [2] Jávorka Péter: Zsámbék és környéke, Pest Megyei Tanács Idegenforgalmi Hivatala, Budapest, 1962
- [3] <https://web.archive.org/web/20100109024008/http://okotars.hu/hu/tevekenysegeink/zoldut/budavidek>, A Zsámbéki-medence bemutatása, letöltés: 2022.07.24.
- [4] <http://geography.hu/mfk2001/cikkek/Udvardi.pdf>, Vizes élőhelyek rehabilitációs lehetőségei a Zsámbéki-medence területén, letöltés: 2022.07.24.
- [5] [https://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9k%C3%A1s-patak_\(Pest_megye\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9k%C3%A1s-patak_(Pest_megye)), Békás-patak, letöltés: 2022.07.24.
- [6] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Benta-patak>, Benta-patak, letöltés: 2022.07.24.
- [7] Budapest és környékének földtani térképe (1:50.000) – 1956, Magyar Földtani Intézet, ISBN: 239 99 8989 350 4
- [8] https://biatorbagy.hu/system/files/biatorbagy_varos_kornyezetvedelmi_programja_2013-2019.pdf, Biatorbágy Város Környezetvédelmi Programja 2013 – 2019, letöltés: 2022.08.08.
- [9] <https://ertektar-biatorbagy.hu/termeszeti-kornyezet/madarszirt-szazlepcso/>, Nyakaskő / Madárszirt / Százlépcső, letöltés: 2022.08.08.
- [10] <https://natura.2000.hu/hu/teruletek?m=list>, A Natura 2000 területek listája, letöltés: 2022.08.08.
- [11] <https://pecato.hu/biai-vizimalmok-a-bentan/>, Biai vízimalmok a Bentán, letöltés: 2022.08.08.
- [12] Sikos T. Tamás (szerk.): A budapesti agglomeráció nyugati kapuja (Budaörs, Törökbálint, Biatorbágy), Szent István Egyetem Kiadó, Budapest, 2015, ISBN 978 9632 69 463 4

- [13] <https://maps.arcanum.com/hu/map/firstsurvey-hungary/>, Magyarország (1782-1785) – Első Katonai Felmérés, letöltés: 2022.10.20.
- [14] <https://maps.arcanum.com/hu/map/secondsurvey-hungary/>, Magyar Királyság (1819-1869) – Második Katonai Felmérés, letöltés: 2022.10.20.
- [15] <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-higtragya-hasznositas-egyik-modja-termofoldon-elhelyezes>, A hígtrágya hasznosítás egyik módja: termőföldön elhelyezés, letöltés: 2022.08.10.
- [16] <https://njt.hu/jogszabaly/2008-59-20-82>, 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet, letöltés: 2022.08.10.
- [17] https://www.ksh.hu/nepszamlalas/docs/tablak/teruleti/13/13_4_1_1_1.xls, A népesség számának alakulása, terület, népsűrűség (Pest megye), letöltés: 2022.08.10.
- [18] <https://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haViewer.jsp>, Éves településstatisztikai adatok 2021-es településszerkezetben (Páty és Biatorbágy lakossága), letöltés: 2022.08.10.
- [19] <http://www2.vizeink.hu/files2/100505/2hat.zip> (_3_hatteranyag_melleklete_Kisvizi_keszlet_szamit.xls), az Országos VGT1 háttéranyaga, Kisvízi készlet számítása alegységenként, 2022.10.20.
- [20] Dr. Clement Adrienne: Vízminőségsszabályozás (Felkészülési segédanyag), BME ÉPK Vízi Közmű és Környezetmérnöki Kar, Budapest, 2007
- [21] Dr. Percsich Kálmán: Bevezetés a vízanalitikába, SZIE MKK, Gödöllő, 2005
- [22] Szabó M., Angyal Zs. (szerk.): A környezetvédelem alapjai, Typotex, Budapest, 2012, ISBN 978 96 3279 547 8
- [23] Angyal Zsuzsanna (szerk.): Környezetvédelmi terepgyakorlat, Typotex, Budapest, 2012, ISBN 978 96 3279 546 1
- [24] Öllös Géza: Csatornázás - Szennyvíztisztítás I – II., II.: Szennyvíztisztítás, AQUA Kiadó, Budapest, 1991, ISBN 963 60 2542 8
- [25] Hein, D.: Kann der TOC den CSB in der Abwasser - überwachung ersetzen? Korrespondenz Abwasser 38. Jahrgang. 10, 1991, p1358-1361
- [26] Offhaus, K.: Zusammenhang zwischen BSBS-TOC-TOD. Vom Wasser, 1976, p46, 65-84.

- [27] Moser, D., Kreuzinger, N.: Summenparameter in der Abwassertechnik-eine kritische Betrachtung. In: Alte und neu Summenparameter, Einsatz in der Wasser - und Abwassertechnik. Wiener Mitteilungen. Herausgeber: Matsché, Technische Universität Wien. Seminar Wien 1./2. Juni 1995, 127, B-1-B-45.
- [28] Kerpen, H., U. [1989): Abschätzung des BSBS in industriellem biologisch gut abbaubaren Abwasser aus der Messung von TOC und CSB. Korrespondenz Abwasser 36 Jahrgang, 9, 101 1- 1014.
- [29] dr. Felföldy Lajos: A vizek környezettana (Általános hidrobiológia), Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1981, ISBN 963 230 133 1
- [30] Csizmarik Gábor: Hidrobiológia, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2011
- [31] Szilágyi F., Orbán V. (szerk.): Alkalmazott hidrobiológia, Magyar Vízközmű Szövetség, Budapest, 2007, ISBN 978 96 3875 070 9
- [32] Moser M., Pálmai Gy.: A környezetvédelem alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2006, ISBN 963 194 423 9
- [33] <https://vizeink.hu/korabbi-vizgyujto-gazdalkodasi-tervek/vizgyujto-gazdalkodasi-terv/>, Magyarország első Vízyűjtő-gazdálkodási Terve (2010), letöltés: 2022.10.20.
- [34] <https://vizeink.hu/korabbi-vizgyujto-gazdalkodasi-tervek/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2015/>, Magyarország felülvizsgált, 2015. évi Vízyűjtő-gazdálkodási Terve, letöltés: 2022.10.20.
- [35] <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2019-2021/vgt3-elfogadott/>, Magyarország Vízyűjtő-gazdálkodási Terve – 2021 (VGT3), letöltés: 2022.10.20.
- [36] <https://njt.hu/jogszabaly/2004-31-20-0N>, 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet, letöltés: 2022.10.20.
- [37] <https://www.magyarorszagterkep.com/magassag>, Magyarország magassági adatai, letöltés: 2022.10.20.
- [38] Somlyódy László: Felszíni vizek minősége (Modellezés és szabályozás), Typotex, Budapest, 2021, ISBN 978 96 3279 983 4
- [39] <https://njt.hu/jogszabaly/2004-31-20-0N>, 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet, letöltés: 2022.10.20.

- [40] <https://njt.hu/jogszabaly/2004-220-20-22>, 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet, letöltés: 2022.10.20.
- [41] <https://njt.hu/jogszabaly/2010-10-20-2Y>, 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet, letöltés: 2022.11.08.
- [42] Vízgazdálkodási Évkönyv 2011, Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok, 2012, ISSN 2061-9960
- [43] Vízgazdálkodási Évkönyv 2012, Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok, 2013, ISSN 2061-9960
- [44] Záray Gyula (szerk.): Környezetminősítés, Typotex, Budapest, 2012, ISBN 978 96 3279 544 7
- [45] www.sigmaaldrich.cn/deepweb/assets/sigmaaldrich/product/documents/150/314/manual-nova-60a-en-12-2020.pdf, Spectroquant® NOVA 60A Operating Manual, letöltés: 2022.08.12.
- [46] https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/COD-Cell-Test,MDA_CHEM-114560, User Guide for 114560 - Spectroquant COD Cell Test, letöltés: 2022.08.12.
- [47] https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/Ammonium-Cell-Test,MDA_CHEM-114739, User Guide for 114739 - Spectroquant Ammonium Cell Test, letöltés: 2022.08.12.
- [48] https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/Nitrite-Cell-Test,MDA_CHEM-114547, User Guide for 114547 - Spectroquant Nitrite Cell Test, letöltés: 2022.08.12.
- [49] https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/Nitrate-Cell-Test,MDA_CHEM-114563, User Guide for 114563 - Spectroquant Nitrate Cell Test, letöltés: 2022.08.12.
- [50] https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/Phosphate-Cell-Test,MDA_CHEM-100474, User Guide for 100474 - Spectroquant Phosphate Cell Test, letöltés: 2022.08.12.
- [51] https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/Manganese-Cell-Test,MDA_CHEM-100816, User Guide for 100816 - Spectroquant Manganese Cell Test, letöltés: 2022.08.12.
- [52] https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/Oxygen-Cell-Test,MDA_CHEM-114694, User Guide for 114694 - Spectroquant Oxygen Cell Test, letöltés: 2022.08.12.

- [53] www.envcoglobal.com/files/docs/oxitop-manual-2008.pdf, OxiTop kezelési útmutató, 2022.03.12.
- [54] https://dakov.hu/index.php?region_city=316&pg=water_quality, A pátyi szennyvíztisztító vízminőségi adatai, letöltés: 2022.10.28.
- [55] Barótfi István (szerk.): Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000, ISBN 963 286 009 8
- [56] <https://geoportal.vizugy.hu/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5f07d2ce942b4ca6959d9a7671a58d54>, OVF Vízrajzi Atlasz, letöltés: 2022.10.20.
- [57] https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/0C91DC84-301F-4613-9896-D5BB125D6469/1_9_terkepmellekletek.zip, A Közép-Duna VGT tervezési alegység térképmellékletei, letöltés: 2022.10.20.

9. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Biai malmok az első és a második katonai felmérés idején [13][14].....	5
2. ábra: A vízhasználat és a vízminőség-szabályozás kapcsolata [20].....	10
3. ábra: Állapotértékelés a VKI szerint [33].....	29
4. ábra: Az 1991-2000 időszak fajlagos középvízhozamainak viszonyító tényezője az 1971-2000 időszak hasonló jellemzőjéhez [33].....	31
5. ábra: Szennyezőanyag koncentrációja az egyszerű vízminőségi modell szerint [20].....	36
6. ábra: A mérések eredményei ($\text{NH}_4\text{-N}$).....	50
7. ábra: A mérések eredményei ($\text{NO}_2\text{-N}$).....	50
8. ábra: A mérések eredményei ($\text{NO}_3\text{-N}$).....	51
9. ábra: A mérések eredményei ($\text{PO}_4\text{-P}$).....	52
10. ábra: A mérések eredményei (Mn).....	53
11. ábra: A mérések eredményei (O_2).....	54
12. ábra: A mérések eredményei (KOl_{kr}).....	55
13. ábra: A mérések eredményei (BOI_5).....	56
14. ábra: A mérések eredményei (pH).....	57
15. ábra: A mérések eredményei (fajlagos vezetőképesség).....	57

10. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

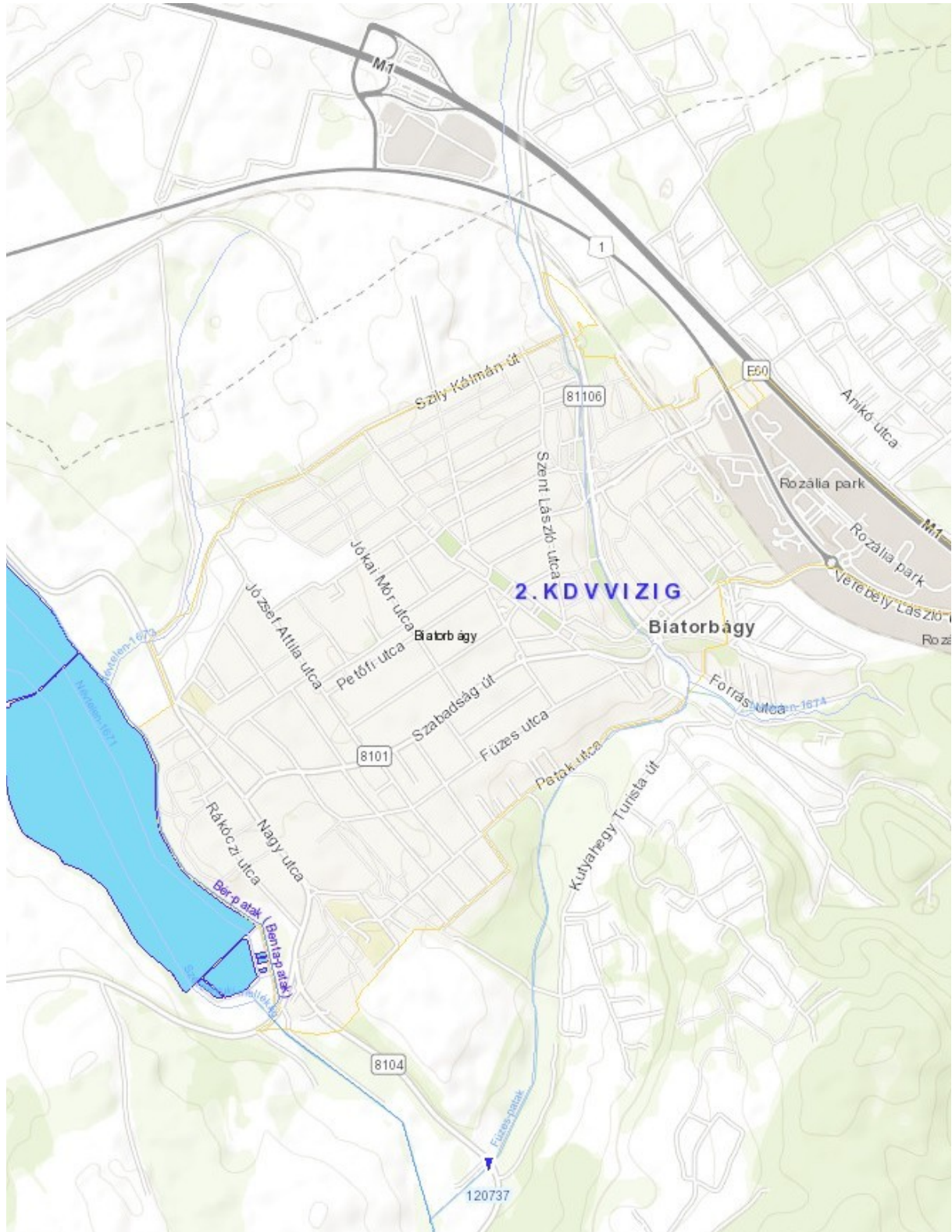
1. táblázat: A Zsámbéki-medence hidrológiai értékei [4].....	3
2. táblázat: Páty és Biatorbágy lakosságának változása 1990-2021 között [17][18].....	7
3. táblázat: A KOI és a TOC összefüggése a szennyvízben [25].....	16
4. táblázat: A BOI és a TOC összefüggése a szennyvízben [26].....	17
5. táblázat: A BOI, a KOI és a TOC összefüggése a szennyvízben [27].....	17
6. táblázat: A Füzes-patak értékelése a VGT1-ben [33].....	30
7. táblázat: A lefolyási értékek alakulása a vizsgált időszakokban.....	32
8. táblázat: A pátyi szennyvíztisztító telep felépítése.....	38
9. táblázat: A pátyi szennyvíztisztító technológiai határértékei.....	39
10. táblázat: A pátyi szennyvíztisztító területi határértékei.....	39
11. táblázat: A mintavételek helyei és a beeresztési pont.....	41
12. táblázat: A mintavételek dátumai.....	42
13. táblázat: A mérések eredményei.....	49
14. táblázat: N formák mennyisége a különböző mintákban (az adatok forrása: saját mérések és [54]).....	51
15. táblázat: Számított oxigéntelítettség értékek.....	54
16. táblázat: A KOI és a BOI átlagos értékei a mintákban.....	56
17. táblázat: A Füzes-patak VGT1 szerinti vízminősítése.....	58
18. táblázat: A Füzes-patak minősítése a különböző szabványok szerint.....	59
19. táblázat: A lefolyási értékek a Füzes-patak felső szakaszán.....	60
20. táblázat: A pátyi telep önellenőrzései (2021).....	61
21. táblázat: Páty település lakossága és szennyvízhálózatának főbb paraméterei (2020).....	61
22. táblázat: A számított lefolyások és vízhozamok összefoglalása.....	63
23. táblázat: A kibocsátott szennyvíz paraméterei a VGT3-ban.....	63
24. táblázat: A kibocsátott szennyvíz paraméterei a határértékek tükrében 2021-ben.....	64
25. táblázat: A kibocsátott szennyvíz számított paraméterei 2022-re.....	65
26. táblázat: Az elkeveredési egyenlet paraméterezése a kibocsátási koncentrációk meghatározásához.....	66
27. táblázat: Számított terhelhetőségi adatok.....	67
28. táblázat: A kibocsátás viszonya a terhelhetőséghez.....	68
29. táblázat: A számított lefolyások és vízhozamok összefoglalása (kisebb vízgyűjtő esetén).....	69
30. táblázat: Számított terhelhetőségi adatok (kisebb vízgyűjtő esetén).....	69
31. táblázat: A kibocsátás viszonya a terhelhetőséghez (kisebb vízgyűjtő esetén).....	70
32. táblázat: A számított lefolyások és vízhozamok összefoglalása (nagyobb vízgyűjtő esetén).....	70
33. táblázat: Számított terhelhetőségi adatok (nagyobb vízgyűjtő esetén).....	71
34. táblázat: A kibocsátás viszonya a terhelhetőséghez (nagyobb vízgyűjtő esetén).....	71

11. MELLÉKLETEK

11.1 A Füzös-patak vízrajzi környezete 1. [56]



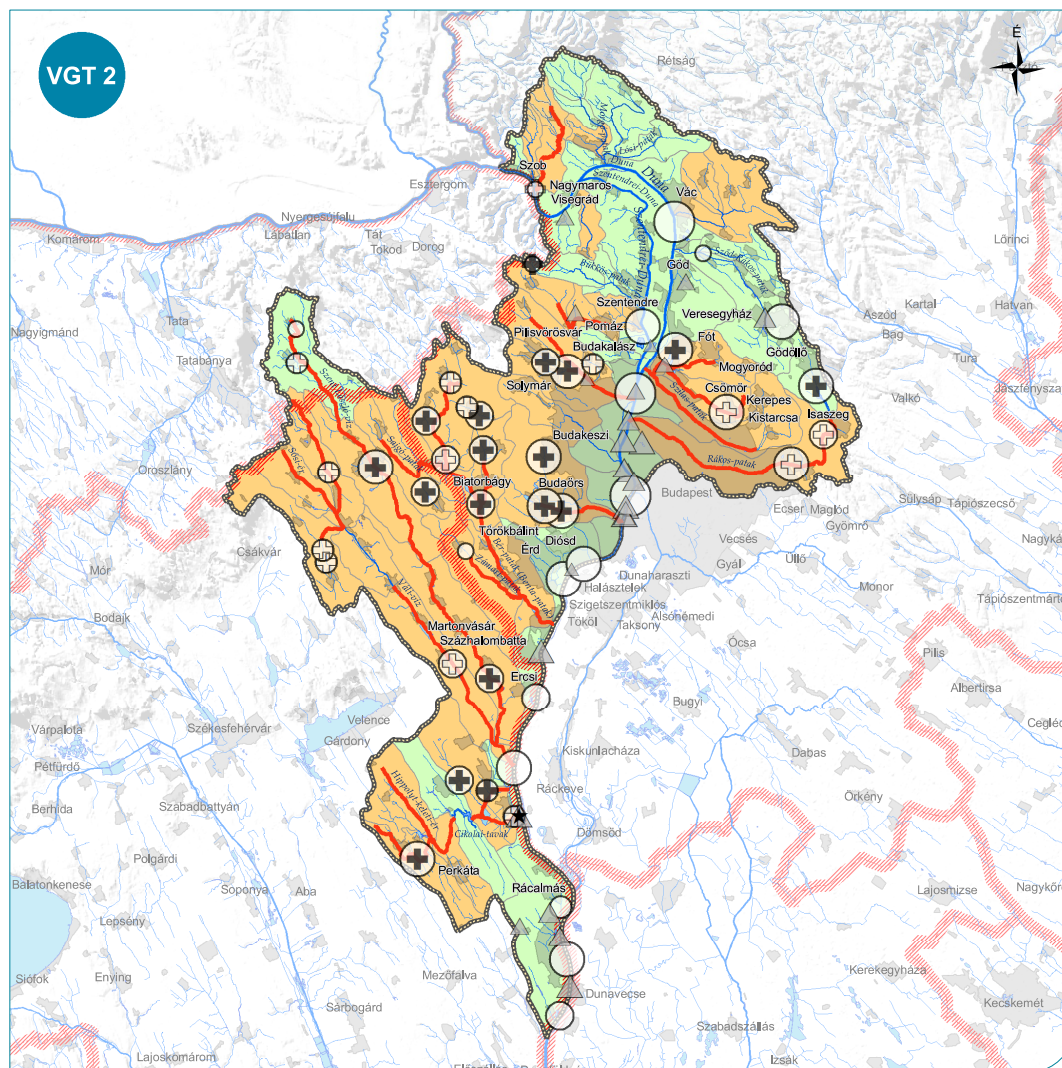
11.2 A Füzes-patak vízrajzi környezete 2. [56]



Közép-Duna alegység SZENNYVÍZ-BEVEZETÉSEK HATÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSE



3-2. térkép



Jelmagyarázat

- országhatár
- alegységhatár
- ||||| vízügyi igazgatóság határ
- vízfolyás víztest
- állóvíz víztestek
- egyéb vízfolyás
- egyéb állóvíz

Diffúz terhelés hatása

- jelentős
- nem jelentős

Közvetlen ipari szennyvíz-bevezetések ezer m³/év

- ▲ 0 - 1
- ▲ 1 - 10
- ▲ 10 - 100
- ▲ 100 - 1000
- ▲ 1000 felett

Kommunális szennyvíz-bevezetések Becsült kapacitás (LE)

- 0 - 2000
- 2000 - 5000
- 5000 - 10000
- 10000 - 100000
- 100000 felett

0 8 16 24 32 km

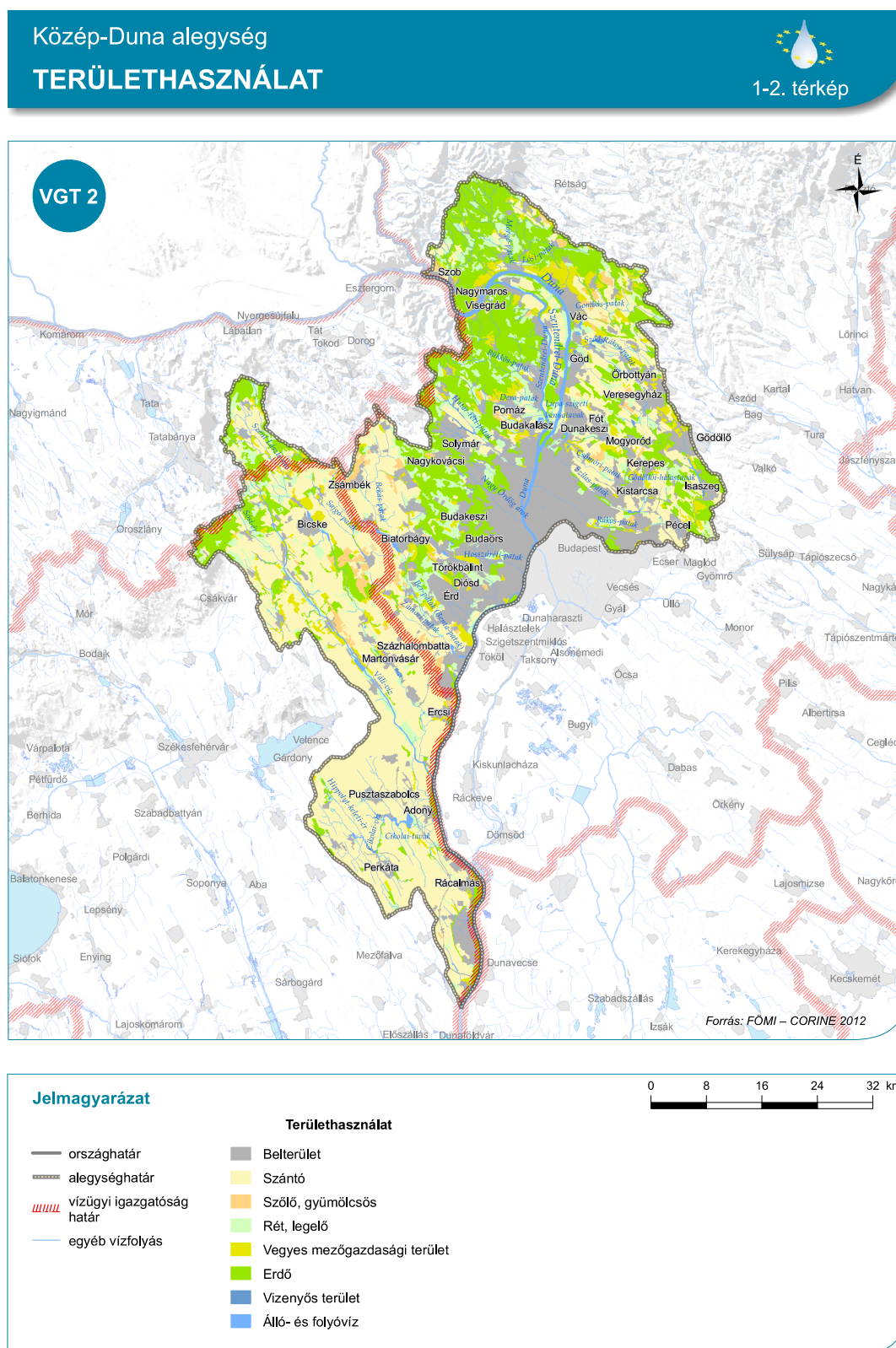
Szennyvíz terhelés hatása a befogadókra

- | | |
|-------------------|--------------|
| Kommunális | Ipari |
| + | ☆ |
| fontos | fontos |
| + | ★ |
| jelentős | jelentős |

Szennyvíz hatása

- jelentős – vízfolyás víztesten
- jelentős – állóvíz víztesten

11.4 A Közép-Duna VGT tervezési alegység területhasználati viszonyai [57]

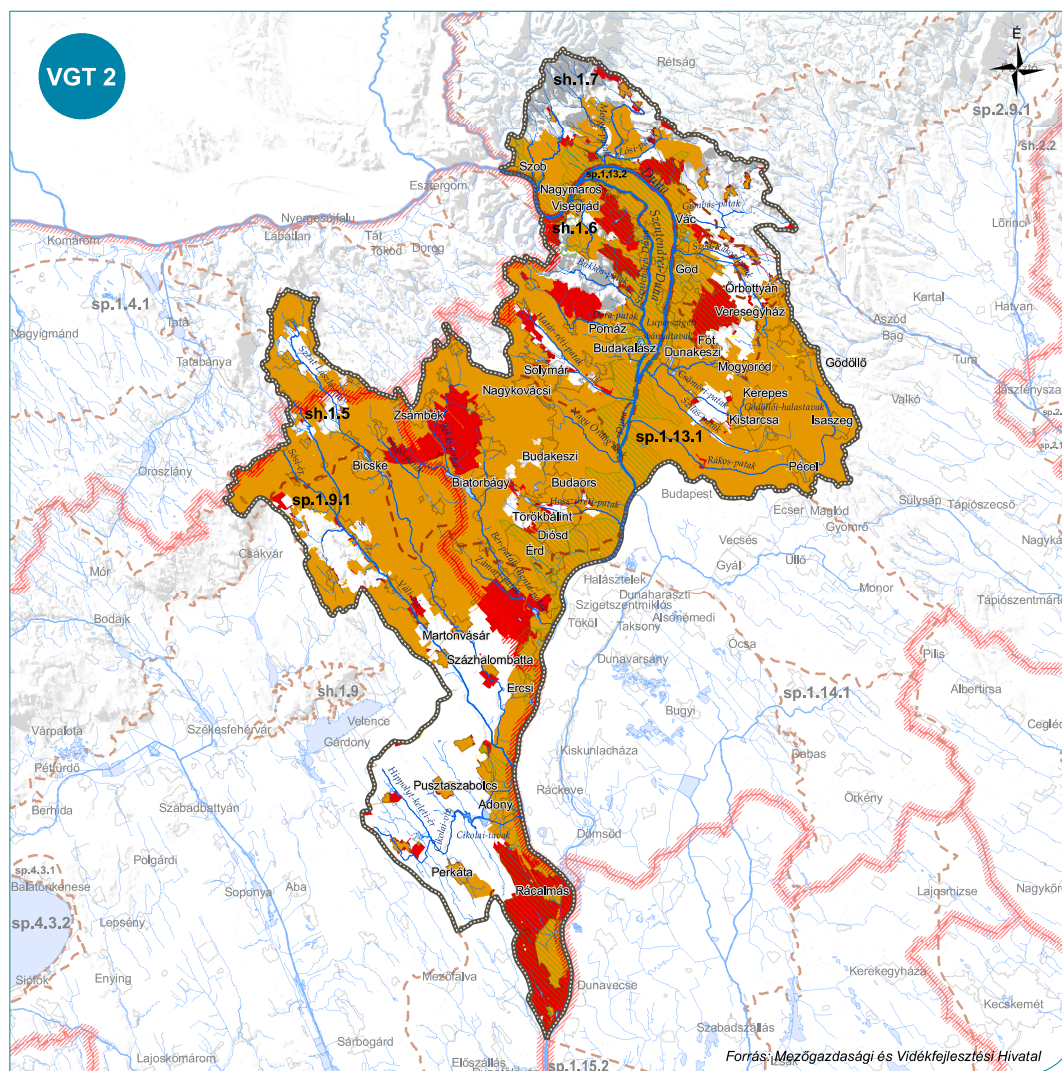


11.5 A Közép-Duna VGT tervezési alegység tápanyag- és nitrátérzékeny területei [57]

Közép-Duna alegység TÁPANYAG- ÉS NITRÁTÉRZÉKENY TERÜLETEK



2-2. térkép



Jelmagyarázat

- országhatár
- alegységhatár
- vízügyi igazgatóság határ
- vízfolyás víztestek
- állóvíz víztestek
- egyéb vízfolyás
- egyéb állóvíz

- sekély felszín alatti víztesthatár
- tápanyagérzékeny terület

Nitrátérzékeny terület

- 2013-ban kijelölt terület
- 2006-ban és 2013-ban is kijelölt terület
- 2006-ban kijelölt terület

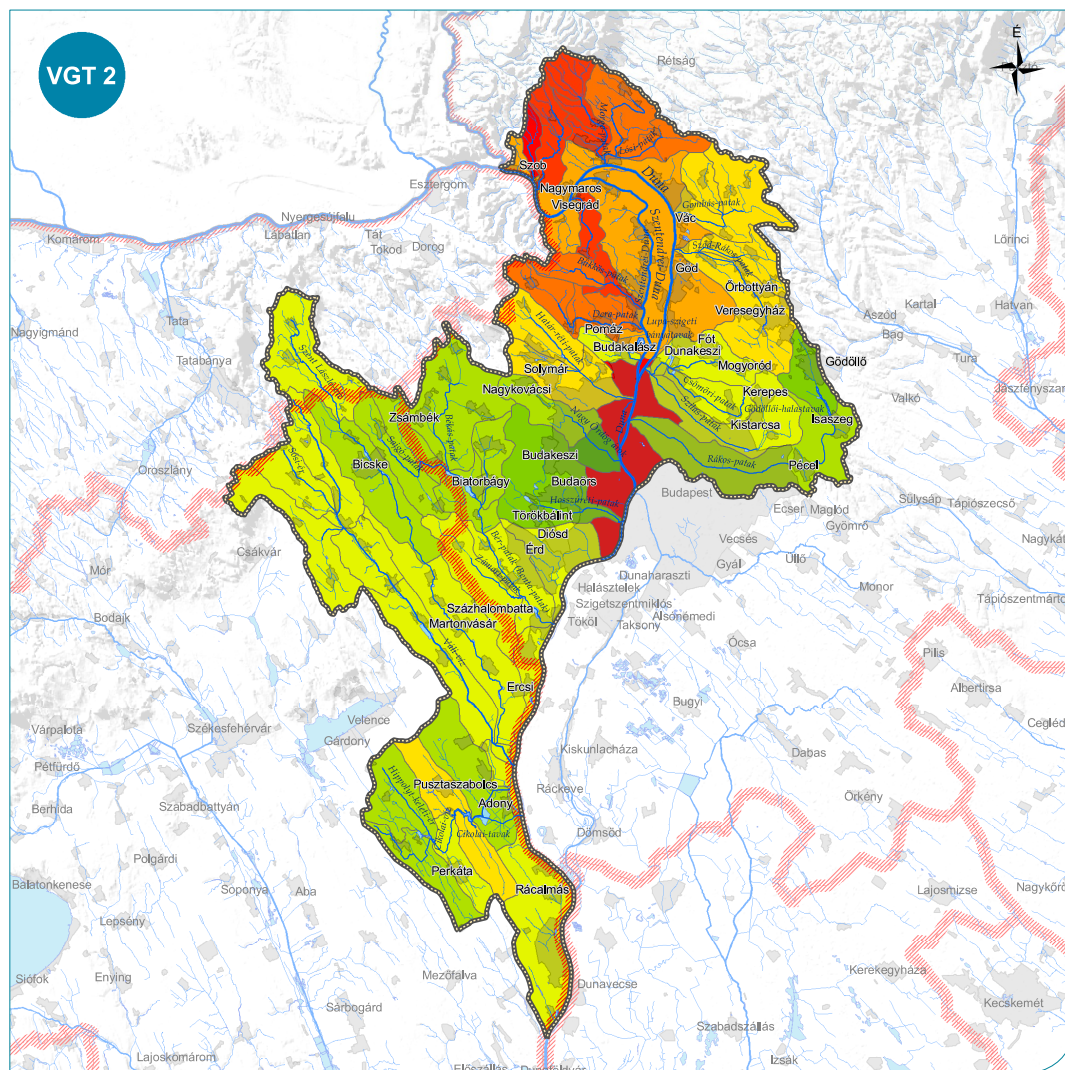
0 8 16 24 32 km

11.6 A Közép-Duna VGT tervezési alegység területén jellemző diffúz nitrogénterhelések [57]

Közép-Duna alegység DIFFÚZ NITROGÉNTERHELÉS FELSZÍNI VIZEK



3-7. térkép



Jelmagyarázat

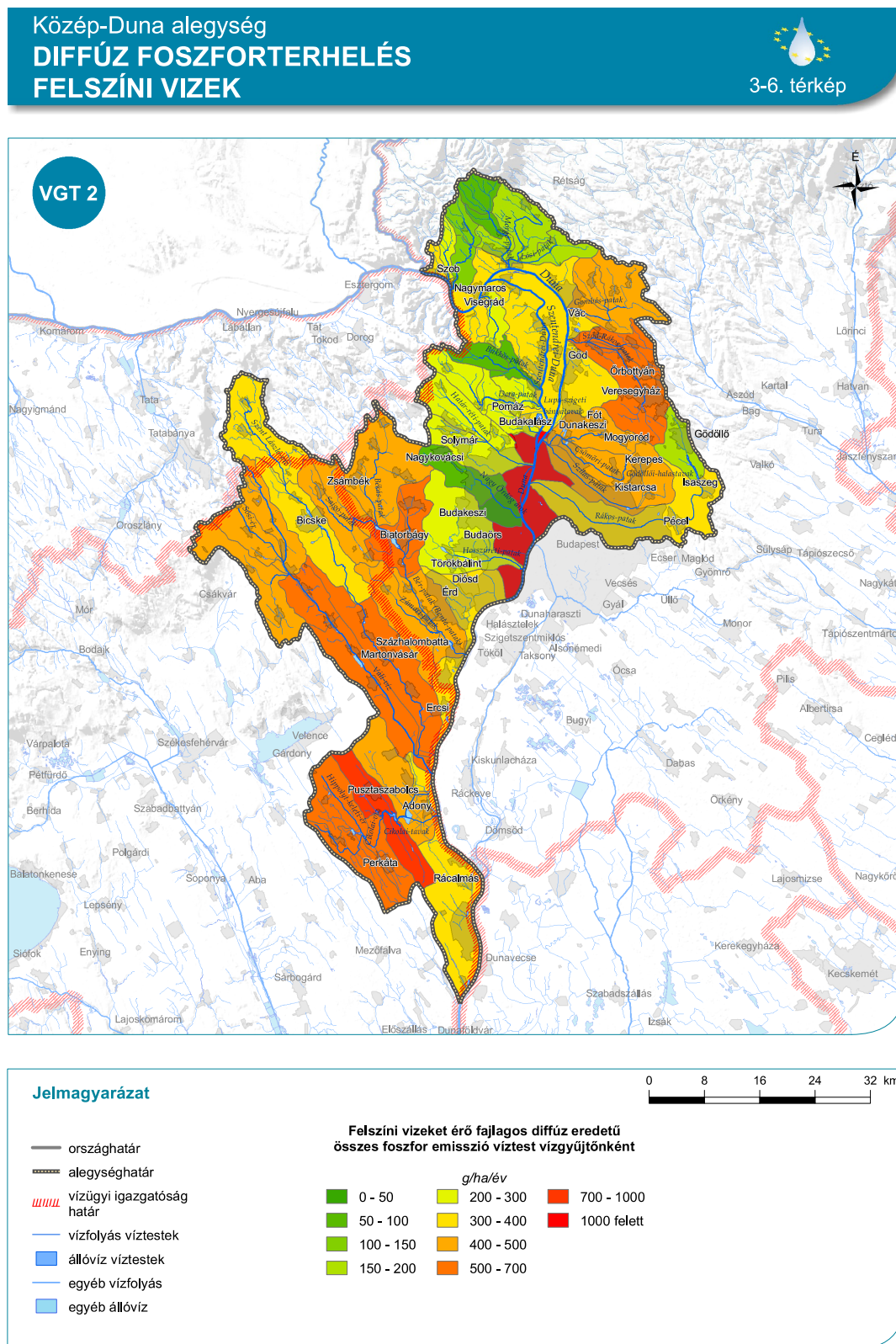
- országhatár
- alegységhatár
- ||||| vízügyi igazgatóság határ
- vízfolyás víztestek
- állóvíz víztestek
- egyéb vízfolyás
- egyéb állóvíz

Felszíni vizeket érő fajlagos diffúz eredetű összes nitrogén emisszió víztest vízgyűjtőnként

0 - 300	1500 - 2000	4000 - 6500
300 - 700	2000 - 2600	6500 felett
700 - 1100	2600 - 3200	
1100 - 1500	3200 - 4000	

0 8 16 24 32 km

11.7 A Közép-Duna VGT tervezési alegység területén jellemző diffúz foszforterhelések [57]



11.8 A Füzes-patak MSZ 12749:1993 szerinti állapotértékelése (saját mérések alapján)

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]		NO ₂ -N [mg/l]		NO ₃ -N [mg/l]		PO ₄ -P [mg/l]		Mn [mg/l]		O ₂ [mg/l]		KOI kr [mgO ₂ /l]		pH		Fajlagos vezetés [mS/cm ²]	
	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A
1	0.013	0.690	0.038	0.283	15.3	7.4	0.38	2.91	0.34	0.13					7.8	7.6	1.64	1.79
2	0.688	0.252	0.068	0.238	12.9	6.7	1.71	0.56	0.13	0.18	7.8	5.7	15.7	48.0	7.8	7.4	1.99	2.00
3	0.299	0.500	0.089	0.229	13.7	6.5	0.76	2.27	0.12	0.23			14.5	35.0	7.9	7.5	2.00	2.00
4	0.594	1.150	0.091	0.158	5.6	3.8	2.59	3.77	0.28	0.36	6.3	2.6	19.3	69.0	7.6	7.5	0.87	2.00
5	0.071	0.740	0.083	0.240	12.2	2.3	0.51	3.20	0.24	0.40			13.4	47.0	7.9	7.4	2.00	2.00
6	0.063	0.260	0.154	0.251	3.9	2.8	0.55	1.82	0.12	0.25	4.3	2.5	15.2	33.0	7.6	7.4	2.00	2.00
7	0.240	0.340	0.032	0.207	1.6	0.5	1.49	3.78	0.34	0.31			33.6	65.0	7.5	7.4	1.51	2.00
8	0.021	0.200	0.045	0.245	0.1	3.9	0.58	2.75	0.13	0.16	4.4	2.6	16.8	54.0	7.8	7.5	2.00	2.00
9	0.040	0.742	0.041	0.261	4.0	4.4	0.92	3.15	0.13	0.30			15.8	41.0	7.9	7.5	2.00	2.00
10	0.011	0.673	0.090	0.157	10.9	5.9	0.37	2.68	0.47	0.60	5.9	4.6	11.9	20.0	8.0	7.8	2.00	2.00
Átlag	0.204	0.555	0.073	0.227	8.0	4.4	0.99	2.69	0.23	0.29	5.7	3.6	17.4	45.8	7.8	7.5	1.80	1.98

11.9 A Füzes-patak VGT1 szerinti állapotértékelése (saját mérések alapján)

Mérés	NH4-N [mg/l]		NO2-N [mg/l]		NO3-N [mg/l]		PO4-P [mg/l]		O2 [mg/l]		KOI kr [mgO2/l]		pH		Fajlagos vezetés [mS/cm2]	
	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A
1	0.013	0.690	0.038	0.283	15.3	7.4	0.38	2.91					7.8	7.6	1.64	1.79
2	0.688	0.252	0.068	0.238	12.9	6.7	1.71	0.56	7.8	5.7	15.7	48.0	7.8	7.4	1.99	2.00
3	0.299	0.500	0.089	0.229	13.7	6.5	0.76	2.27			14.5	35.0	7.9	7.5	2.00	2.00
4	0.594	1.150	0.091	0.158	5.6	3.8	2.59	3.77	6.3	2.6	19.3	69.0	7.6	7.5	0.87	2.00
5	0.071	0.740	0.083	0.240	12.2	2.3	0.51	3.20			13.4	47.0	7.9	7.4	2.00	2.00
6	0.063	0.260	0.154	0.251	3.9	2.8	0.55	1.82	4.3	2.5	15.2	33.0	7.6	7.4	2.00	2.00
7	0.240	0.340	0.032	0.207	1.6	0.5	1.49	3.78			33.6	65.0	7.5	7.4	1.51	2.00
8	0.021	0.200	0.045	0.245	0.1	3.9	0.58	2.75	4.4	2.6	16.8	54.0	7.8	7.5	2.00	2.00
9	0.040	0.742	0.041	0.261	4.0	4.4	0.92	3.15			15.8	41.0	7.9	7.5	2.00	2.00
10	0.011	0.673	0.090	0.157	10.9	5.9	0.37	2.68	5.9	4.6	11.9	20.0	8.0	7.8	2.00	2.00
Átlag	0.204	0.555	0.073	0.227	8.0	4.4	0.99	2.69	5.7	3.6	17.4	45.8	7.8	7.5	1.80	1.98

11.10 A VGT1 szerinti állapotértékelés osztályhatárai (8-as víztípus, éves átlagértékekre) [33]

	Kiváló – jó	Jó – mérsékelt	Mérsékelt – gyenge	Gyenge – rossz
Kémhatás, pH [-]	6,5-7,5 (szilikátos), 7-8,5 (meszes)	6-6,5, 7,5-8 (szilikátos), 6,5-7, 8,5-9 (meszes)	6	5,5
Vezetőképesség, λ [μ S/cm]	<300 (szilikátos), <600 (meszes)	500 (szilikátos), 900 (meszes)	3000	5000
Klorid, Cl^- [mg/l]	<35	35-50	300	500
Oxigéntelítettség, O [%]	90-100	85-90	<50	<30
Oldott oxigén, DO_2 [mg/l]	>9	8-9	4	3
Biológiai oxigénigény, BOI_5 [mg/l]	<2	2-3	15	25
Kémiai oxigénigény, KOI_{Cr} [mg/l]	<10	10-15	50	75
Ammónium-nitrogén, $\text{NH}_4\text{-N}$ [mg/l]	<0,05	0,05-0,1	1	5
Nitrit-nitrogén, $\text{NO}_2\text{-N}$ [mg/l]	<0,02	0,02-0,04	0.3	1
Nitrát-nitrogén, $\text{NO}_3\text{-N}$ [mg/l]	<0,5	0,5-3	5	25
Összes nitrogén, N [mg/l]	<1	1-4	10	50
Ortofoszfát-foszfor, $\text{PO}_4\text{-P}$ [mg/m ³]	<30	30-80	500	1000
Összes foszfor, TP [mg/m ³]	<80	80-150	1000	2000

11.11 A Benta- és a Füzes-patak VGT3 szerinti állapotértékelése (saját mérések alapján)

Mérés	NH ₄ -N [mg/l]		Összes szervetlen N [mg/l]		PO ₄ -P [mg/l]		O ₂ [mg/l]		KOI kr [mgO ₂ /l]		pH		Fajlagos vezetés [mS/cm ²]	
	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A
1	0.013	0.690	15.35	8.37	0.38	2.91					7.8	7.6	1.64	1.79
2	0.688	0.252	13.66	7.19	1.71	0.56	7.8	5.7	15.7	48.0	7.8	7.4	1.99	2.00
3	0.299	0.500	14.09	7.23	0.76	2.27			14.5	35.0	7.9	7.5	2.00	2.00
4	0.594	1.150	6.28	5.11	2.59	3.77	6.3	2.6	19.3	69.0	7.6	7.5	0.87	2.00
5	0.071	0.740	12.35	3.28	0.51	3.20			13.4	47.0	7.9	7.4	2.00	2.00
6	0.063	0.260	4.12	3.31	0.55	1.82	4.3	2.5	15.2	33.0	7.6	7.4	2.00	2.00
7	0.240	0.340	1.87	1.05	1.49	3.78			33.6	65.0	7.5	7.4	1.51	2.00
8	0.021	0.200	0.17	4.35	0.58	2.75	4.4	2.6	16.8	54.0	7.8	7.5	2.00	2.00
9	0.040	0.742	4.08	5.40	0.92	3.15			15.8	41.0	7.9	7.5	2.00	2.00
10	0.011	0.673	11.00	6.73	0.37	2.68	5.9	4.6	11.9	20.0	8.0	7.8	2.00	2.00
Átlag	0.204	0.555	8.30	5.20	0.99	2.69	5.7	3.6	17.4	45.8	7.8	7.5	1.80	1.98

11.12 A VGT3 szerinti állapotértékelés osztályhatárai (3-as víztípus, éves átlagértékekre) [35]

Víztest típusa	Referencia állapot, osztályhatár	Savasodási állapot	Sótartalom		Oxigén háztartás, szerves szennyezés					Növényi tápanyagok				
		pH	Klorid	Vezkép	Old Oxigén	Oxigén telítettség	BOI	KOId	TOC	NH4-N	össz. szerves N	ÖN	PO4-P	ÖP
			mg/l	µS/cm	mg/l	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/m³	mg/m³
3	(referencia)	7 - 8,5	15	700	9	90 - 100	2	10	3,75	0,05	1	2	30	80
	Kiváló / Jó	7 - 8,5	≤ 35	≤ 700	≥ 8	≥ 90	≤ 3	≤ 20	≤ 7,5	≤ 0,1	≤ 2	≤ 2,5	≤ 50	≤ 100
	Jó / Mérsékelt	6,5 - 7; 8,5 - 9	50	1000	7	80	5	30	11,25	0,3	3,5	5	100	200
	Mérsékelt / Gyenge	6	150	1500	4	50	10	50	18,75	1	5	10	300	500
	Gyenge / Rossz	5,5	300	2000	3	30	15	60	22,5	2	10	15	500	1000