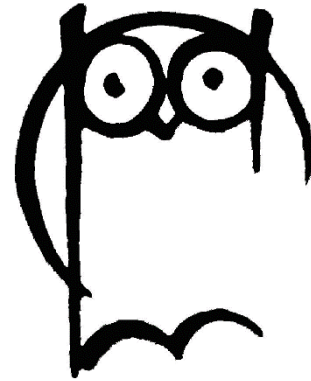


Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Környezetmérnöki Tanszék



Nyári vízkémiai vizsgálatok a Hortobágy-Berettyó Bucsa és Ecsefalva közötti szakaszán

**Szerző: Jónás Dóra III. évfolyamos
környezetmérnöki szakos BSc hallgató**

Témavezető: Izbékiné Szabolcsik Andrea tanársegéd
Tanszékvezető: Dr. Kocsis Dénes László

Debrecen
2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	4
2. Irodalmi áttekintés	6
2.1. A Föld vízkészletének megoszlása	6
2.2. Vízfolyások kialakulása.....	7
2.3. A vizek szennyeződésének folyamata	8
2.4. Vizeket veszélyeztető tényezők.....	9
2.5. Víztisztítás	11
3. Anyag és módszer	14
3.1. A Hortobágy-Berettyó tervezési alegység bemutatása	14
3.2. Víztestek jellemzése	16
3.3. Emberi tevékenységből eredő terhelések	17
3.3.1. Pontszerű szennyezőforrások.....	17
3.3.2. Diffúz Szennyezőforrások	18
3.4. A Hortobágy-Berettyó monitoringja és minősítése	19
3.4.1. Mintavételi helyek	19
3.4.2. Mintavételi időpontok.....	21
3.4.3. Mintavétel módja	21
3.5. Alkalmazott módszerek	22
3.5.1. Helyszíni mérések	22
3.5.2. Laboratóriumi mérések	23
4. Eredmények és értékelésük.....	29
4.1. Vízállások elemzése	29
4.2. Helyszíni vizsgálatok.....	30
4.3. Laboratóriumi vizsgálatok.....	33

4.3.1. Lúgosság mérése	33
4.3.2. Biológiai oxigénigény	35
4.3.4. TOC vizsgálat	36
4.3.5. Kémiai oxigénigény:	38
4.3.3. Zavarosság mérés	39
4.3.6. Ionkromatográfiás vizsgálat.....	41
5. Következtetések és javaslatok.....	47
6. Összefoglalás	50
7. Irodalom jegyzék.....	52

1. BEVEZETÉS

A földi élet története vízben kezdődött. [1] A víz létfeltétel mind az emberek, állatok és növények számára, melynek hiánya súlyos problémákat okozhat az életfunkciójuk működésében. Éppen ezért nagyon fontos mind a felszíni és felszín alatti vizek minőségének a védelme, megfelelő állapotuk megóvása, valamint a vízkárok helyreállítása. Felszíni vizeink károsodása számos okra vezethető vissza, de a legszélesebb körben jelenlévő probléma az eutrofizációs, tehát az elnövényesedési problémák. 2004-ben Magyarország csatlakozott az Európai Unióhoz, így hazánkban is alkalmazkodnia kell a Víz Keretirányelv (továbbiakban VKI) célkitűzéseire. [2] „A VKI 2000. december 22-én lépett hatályba. Magyarország (elhelyezkedése miatt) alapvetően érdekelt abban, hogy a Duna nemzetközi vízgyűjtőkerületben mielőbb teljesüljenek a VKI célkitűzései. A VKI célja, hogy 2015-re a felszíni és felszín alatti víztestek „jó állapotba” kerüljenek. A keretirányelv szerint a „jó állapot” nemcsak a víz tisztaságát jelenti, hanem a vízhez kötődő élőhelyek minél zavartalanabb állapotát, illetve a megfelelő vízmennyiséget is. Amennyiben a természeti vagy a gazdasági lehetőségek nem teszik lehetővé a jó állapot megvalósítását 2015-ig, úgy a határidők a VKI által felkínált mentességek megalapozott indoklásával 2021-re, illetve 2027-re kitolhatók. Ezek az időpontok képezik egyben a vízgyűjtőgazdálkodási tervezés második és harmadik ciklusát.” „A VKI gyökeres szemléletváltást jelent a vízgazdálkodás területén, hiszen számos műszaki jellegű, jogi, gazdasági, intézményi, szervezeti intézkedés koordinált végrehajtását igényli. A vízgyűjtő-gazdálkodási terv (továbbiakban VGT) elsősorban azoknak a szabályozásoknak és programoknak az összefoglalása, amelyek biztosítják a környezeti célkitűzések elérését (azaz a jó ökológiai, kémiai és mennyiségi állapot elérését). A VGT sajátos terv, mely a környezeti célkitűzések és a társadalmi-gazdasági igények összehangolása mellett tartalmazza a műszaki és gazdasági, társadalmi megvalósíthatóság (költségek, finanszírozhatóság, társadalmi támogatottság stb.) elemzését is, ugyanakkor nem jelenti a beavatkozások konkrét műszaki terveinek részletes kimunkálását.” [3]

Jelen dolgozatban a lakóhelyem közelében található Hortobágy-Berettyó nyári kémiai minősítésére, és folyamatos nyári monitoringjára fókuszáltam. Elsődleges célom a víztest minőségének ellenőrzése volt.

Helyszíni méréseim alkalmával a MultiLine P4 terepi mérőbőröndöt használtam, amellyel a pH, oldott oxigén, hőmérséklet, illetve a fajlagos vezetőképesség értékeket határoztam meg.

Laboratóriumi méréseim során végeztem zavarosság mérést, kémiai és biológiai oxigénigény, valamint lúgosság és összes szerves széntartalom meghatározást. Ionkromatográfiás méréssel a mintáimban található anionokat és kationok határoztam meg. A laboratóriumi méréseim alkalmával olyan paramétereket mértem, amelyek elsődlegesen fontosak egy felszíni vízfolyás minőségének a meghatározásához. A vizsgálataim végeztével az eredményeimet a hatályos jogszabályban lévő határértékekkel hasonlítottam össze, mely segített a víztest állapotának a megállapításában.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ebben a fejezetben szeretném bemutatni Földi vízkészletek megoszlását, azt hogy milyen vízformákat különböztetünk meg, illetve, hogy ezek a formák hogyan oszlanak meg egymáshoz képest. Továbbá jellemzeni szeretném a vízfolyások kialakulását, tehát milyen folyamatok szükségesek ahhoz, hogy egy vízfolyás kialakuljon. Valamint még bemutatom a vizek szennyezésének általános folyamatát, azt, hogy milyen szennyezők veszélyeztetik a vizeink állapotának minőségét napjainkban és összefoglalom a vízminősítés általános paramétereit, jogszabályi vonatkozásait, illetve általánosan bemutatom a Víz Keretirányelvet, annak célját és alapelvét.

2.1. A Föld vízkészletének megoszlása

Bolygórendszerünk valamennyi tagja közül egyedül a Földön fordul elő a víz mindhárom halmazállapotban. A Földön meglévő vízmennyiség, a Föld szilárd kérgében kémiaiilag, és az élő szervezetekben biológiailag kötött formában lévő vizek nélkül pedig, 1,35-1,40 milliárd km^3 -re tehető. E vízmennyiség mintegy 98%-át az óceánok és tengerek, továbbá a sarki jégtakaróban és gleccserekben lefagyott víz teszi ki. A szárazföldek vizeire kevesebb, mint 2% jut, és elenyésző a légkörben légnedvesség formájában meglévő vízmennyiség. [4] A Föld vízkészletének a megoszlását az 1. táblázatban szemléltetem, ezer km^3 -re, valamint százalékra vetítve.

1. táblázat. A Föld vízkészletének megoszlása [4]

	Vízmennyiség, ezer km^3	%
Tengerek, óceánok	1.338.000	96,4
Sarki jég, gleccserek	26.364	1,9
Szárazföld vizei		
– felszíni vizek	190	0,011
– felszín alatti vizek	23.400	1,69
– talajnedvesség	16	0,001
Légköri vizek	13	0,001

A szárazföld vizeit felszíni és felszín alatti vizekre osztják. A felszíni vizek a földfelszín különböző eredetű, alakú és méretű mélyedéseiben (a mederben) összegyűlő, és azokban a gravitáció hatására mozgó folyó- vagy nem mozgó állóvizek lehetnek. A felszín alatti vizeknek a földkéreg különféle

méretű pórusaiban, hézagaiban, repedéseiben található vizeket nevezzük. A földkérget alkotó kőzetek tulajdonságai szerint a felszín alatti vizeket két csoportba helyezhetjük el: az egyik a karsztosodásra hajlamos, karbonátos kőzetekben (mészkö, dolomit) lévő karsztvizek, a második csoport pedig az üledékes, porózus kőzetekben lévő, a pórusokat teljes egészében kitöltő talaj- és rétegvizek. A talajvíz a felszín felől közelítve első vízzáró réteg fölötti víztartó rétegben található, a csapadékkal szoros kapcsolatban lévő víz, az első vízzáró réteg alatt víztartó rétegekben található víz a rétegvíz. A rétegvizek sokszor a légköri nyomást meghaladó alatt állnak, az ilyen rétegbe mélyített furatokban a víz a víztartó rétegnél magasabban, esetenként a felszín fölé emelkedve jelenik meg (artézi víz). A vízfolyások közelében lévő talajvíz, amelynek kutakkal történő kivétele során a kivett víz legalább 50%-a folyóvízből pótlódik, a parti szűrésű víz. Amikor a víz természetes körülmények között bukkan a felszínre, azt forrásnak nevezzük, amely lehet állandó vagy időszakos. A felszín alatti vizek közé sorolható a talajvíz feletti, a termőtalajt magába foglaló rétegben meglévő talajnedvesség is. A talajnedvességet tartalmazó réteg pórusaiban levegő is van. A vizek természetes előfordulási formájuk szerinti osztályozása azért is lényeges, mivel a számos eltérő tulajdonságuk (megújulásuk, minőségük, hozzáférhetőségük, energiatartalmuk, sérülékenységük, védettségük) miatt eltérő mértékben és módon jönnek számításba különböző célú használatuk során. A felszíni víz pl. minden emberi létesítmény nélkül közvetlenül is hozzáférhető, míg a felszín alatti vizek csupán kutak létesítésével, és többnyire vízkiemelő berendezésekkel, azaz energiárfordítással válnak hasznosíthatóvá. A gravitáció hatására mozgó folyóvíz energiát is szolgáltat. A felszíni vizek kevésbé védettek a szennyezések ellen, s hasonlóképpen sérülékenyek a fedetlen karsztok vizei is. Ezzel szemben a vízzáró réteggel felülről fedett rétegvizek többnyire védettek a felszíni eredetű szennyezésekkel szemben.[4]

2.2. Vízfolyások kialakulása

A vízfolyásokat a csapadék táplálja. A táplálásban a vízfolyás felszínére közvetlenül hulló csapadék csak elenyésző hányadot tesz ki, jelentősebb az a táplálás, amit a terepre hulló és onnan a mederig lefolyó csapadék biztosít. A felszínre elért csapadéknak az a része, amelyik nem szivárog be a felszín alá, a terep lejtését követve, a lejtés nagyságától függő sebességgel, a terepen mozogva jut a vízfolyás medrébe. A terepi összegyülekezés hegy- és dombvidéki területeken, a lejtők jelentősebb esése miatt, gyorsabban, síkvidéken lassabban megy végbe. A terep különböző

részeiről és irányából érkező mélyedésekben mozgó vizek két mélyedés találkozását követően összefolyva közös mélyedésben haladnak tovább, a terepmélyedés is mindinkább növekszik, mélyül. Alakjában és méretében többé-kevésbé állandósuló terepmélyedés a vízfolyás medre. A mederben mozgó felszíni vizek alkotják a felszíni vízfolyáshálózatát. A vízfolyáshálózaton belül kijelölhető a fővízfolyás, ami rendszerint a leghosszabb vízfolyás, és fővízfolyásba torkoló mellékvízfolyások. A vízfolyás kezdete a forrás, végződése a torkolat. A forrás és a torkolat közötti, a vízfolyás medrének középvonalában (vagy sodorvonalában) mért távolság adja a vízfolyáshosszt. A vízfolyások hossz-menti, a torkolattól kezdődő távolságbeosztása a vízfolyás stacionálása. A távolság beosztás alapegysége nagyobb vízfolyásokon a folyókilométer (fkm). A stacionálás a vízfolyás menti helyazonosítást, eligazodást szolgálja. A mederben szállított vízmennyiség követi az időjárást, csapadékot követően a vízfolyások vízszintje emelkedik, csapadékhány esetén csökken. A vízszintek és a szállított vízmennyiség időjárást követő változása a vízjárás. A vízjárás leírására a vízállás és vízhozam szolgál. [4]

Megkülönböztethetünk állandó, időszakosan kiszáradó és időszakos vízfolyások. A medrükkel a talajvíz szintje alá mélyülő állandó vízfolyások, a talajvíz táplálás következtében az év folyamán állandóan szállítanak vizet. Az időszakos vízfolyások medre nem éri el a talajvizet, táplálást csak esőzés vagy hóolvadás után, felszíni táplálásból kapnak, medrük egyébként száraz. Az időszakosan kiszáradó vízfolyások medre a talajvíz ingadozása miatt esetenként nem kap talajvíztáplálást, és ezért kiszárad. [4]

2.3. A vizek szennyeződésének folyamata

„A felszíni és a felszín alatti vízkészletek minden időben szennyeződtek, régen elsősorban természetes úton. Ma a szennyeződés fogalmát tágabb értelemben kell nézni. Ma a szennyeződésen azt értjük, hogy az ember és környezete is megváltozik olyan mértékben, hogy az élet számára kedvezőtlenne, alkalmatlanná válik. A vízrendszerek vonatkozásában három károsodási csoportot különböztetünk meg:

- Szennyeződés olyan mérgező anyagok által, amelyek közvetlenül vagy a táplálékláncba kerülésük révén veszélyeztetik az embert és környezetét.

- Szennyeződés, amely a fotoszintézis és a respiráció egyensúlyát zavarja. Ezt a helyzetet szerves anyagok és az eutrofizálódást kiváltó növényi tápanyagok egyaránt előidézhetik.
- A természetes vizek olyan károsodása, ami az ökológia rendszerek integritásának megsértése révén áll elő.” [5]

A vízhasználatok során az ember beavatkozik a víz körforgásának természetes rendjébe. A vizek szennyeződése csak körültekintő vízminőség-gazdálkodással kerülhető el. [6] A szennyezés minden esetben az emisszióval indul, amely egy adott szennyező forrásból történő kibocsátást jelent. A folyamat második lépése a transzmisszió, amely az emisszió által kikerült szennyezőanyag közegben való elterjedését, hígulását, átalakulását jelenti. A harmadik lépés pedig az immisszió, tehát az adott ponton mért szennyezettség értékét jelenti. Az emisszió, tehát a szennyezőanyag kikerülése a közegbe, különböző forrásokból valósulhat meg. Vízszennyezés esetén megkülönböztetünk pontszerű, valamint diffúz forrásokat.

- „Pontforrásból a szennyező anyag csővezetéken, vagy nyílt csatornán keresztül jut a felszíni vagy felszín alatti vizekbe pl.: üzemi szennyvíz szennyvíztisztítókból, olajvezetékekből származó szennyvíz, hígtrágya tárolóból kiszivárgó víz.”
- „Diffúz forrásból a szennyező anyag nagyobb térbeli kiterjedésben kerül a vízbe pl.: szántóföldekről a vízbe mosódó növényi tápanyagok, peszticidek, települések hulladéklerakóiból kimosódó szennyvíz.” [7]

A pontszerű szennyezőforrás igen könnyen azonosítható a kibocsátások jellege alapján és annak szennyező hatása is jól mérhető. Ebből következően a szükséges intézkedések, műszaki beavatkozások egyértelműen meghatározhatók. Diffúz szennyezőforrás eseténél a szennyezés összetett, természetes és antropogén tevékenységtől függő folyamatai miatt nehezen azonosítható. [8]

2.4. Vizeket veszélyeztető tényezők

Vízszennyezésnek nevezünk minden olyan rendszerint mesterséges, külső hatást mely, a felszíni és felszín alatti vizek minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz alkalmassága a benne lévő természetes folyamatok biztosítására és emberi használatra csökken vagy megszűnik. [9]

Tehát azon fizikai, kémiai, biológiai, bakteriológiai és radiológiai változás a víz tulajdonságában, amelynek következtében emberi felhasználásra és a természetes vízi élet számára való alkalmassá tétele költséges vagy szélsőséges esetben nem gazdaságos. [8]

„A vizek szerves és szervetlen anyagokkal való szennyezése súlyos probléma lehet. A megnövekedett szennyvízkibocsátás, a nagyüzemi állattartás és a szántóföldekről bemosódó műtrágyák megnövelik a vizek növényitápanyag- (elsősorban foszfor-) terhelését. A tápelem-túlkínálat miatt a vízi növények, elsősorban a mikroszkopikus algák túlzott mértékben elszaporodnak, ami számos emberi vízhasználatot károsít. Ez az eutrofizáció nevű folyamat nem egyszerűen az algák mennyiségének megnövekedését jelenti, hanem egy komplex eseményláncolatot, amely az egész vízi ökoszisztéma megváltozásával jár. Főleg tavainkban nyaranta gyakori a cianobaktériumok (kéalgák) tömeges elszaporodása, utóbbiak között pedig toxintermelésre képes fajok is vannak, de ezek termelik például a halak ún. iszapízét okozó szerves vegyületeket is (geozmin, 2-metil-izoborneol). Az eutrofizáció világprobléma, és hazánkban is országos jelentőségű gondokat okozott már. A WHO ajánlása szerint azok a vizek, ahol cianobaktérium-dominancia van, és az a-klorofill koncentrációja meghaladja a 75 µg/l értéket, nem alkalmasak fürdőzésre.” [1]

„Vizeinket egyre nagyobb mennyiségben terhelik mesterségesen előállított vegyi anyagok, ún. mikroszennyezők is, amelyek káros élettani folyamatokat indíthatnak be, és sok esetben a táplálékhálózaton keresztül akkumulálódnak. Ezek közé a mikroszennyezők közé tartozhatnak gyógyszeripari és testápolási termékek, kozmetikumok, ízfokozók, poliaromás és illékony szénhidrogének, amelyek élettani hatásukat tekintve a hormonműködést felborító, endokrin rendszert károsító anyagok, vagy immun- és idegrendszert károsító anyagok egyaránt lehetnek.” [1]

„A gyógyszermaradványok skálája is igen széles: antibiotikumok, fájdalomcsillapítók, hormonkészítmények, gyulladásgátlók. A gyógyszerhatóanyagok akár 90%-a átalakulás nélkül hagyhatja el a szervezetet, és juthat a kommunális szennyvizekbe. A szennyvíztisztítás során eltávolításuk nagyrészt nem megoldott, ezért bejutnak élővizeinkbe, ahol az ökoszisztémára, különböző élőlényekre kifejtett hatásuk sokszor ismeretlen, feltárásuk ökológiai, ökotoxikológiai vizsgálatokat igényel. A helyzetet súlyosbítja ezen anyagok esetleges szinergikus hatása, valamint

a mikrobiális úton történő lebomlásuk során keletkező, ugyancsak ismeretlen hatású, kis molekulájú vegyületek sora.” [1]

„Földünkön évente közel 300 millió tonna műanyag hulladék keletkezik, ami tengeri és édesvízi ökoszisztémákban egyaránt megtalálható. Lassú lebomlásuk (több száz év), valamint a műanyagtermelés folyamatosan bővülő volumene miatt egyre növekvő mennyiségben halmozódnak fel a befogadó vizekben és azok üledékében. A műanyag mikrorészecskék (<5 mm) különös figyelmet érdemelnek, mert a kis méret miatt könnyen bekerülnek a vízi állatvilág emésztőrendszerébe. E részecskék felületén környezetre veszélyes anyagok adszorbeálódnak, például poliklórozott bifenilek (PCB) vagy sokgyűrűs aromás szénhidrogének (PAH), de lebomlásuk során környezetet károsító kemikáliák is felszabadulnak. A gerinctelen vízi állatok és a halivadékok általi elfogyasztásuk révén pedig bekerülnek a vízi táplálékhálózatba, és végül az emberhez is eljutnak.” [1]

„A vízi közlekedés fejlesztése érdekében a csatornákkal összekötött nagy folyórendszerek ma már olyan „országutakat” alkotnak, amelyeken a legkülönbözőbb élőlények vándorolhatnak és juthatnak el eredeti élőhelyeiktől nagy távolságokra. Az invazív fajok veszélyeztethetik a vízi ökoszisztémákat, csökkentik a biodiverzitást, kiszorítják az őshonos fajokat, számos mezőgazdasági, egészségügyi és gazdasági problémát okozhatnak.” [1]

2.5. Vízminősítés

A vízminőség a víz tulajdonságainak összessége. Egyértelmű tehát, hogy nincs egyetlen módszer, ami a meghatározására alkalmas lenne. Olyan skálák vagy mutatószámok sincsenek, amelyekkel a vízminőség általában kifejezhető. A gyakorlatban mindig valamilyen alkalmas minőség megállapításáról van szó. Külön tárgyalható tehát ennek megfelelően a folyóvíz, állóvíz (felszíni vizek), az ipari vizek (pl.: hűtővizek, vagy az öntözővizek) és természetesen az ivóvizek minősítése is. A minősítés alapját minden esetben olyan tulajdonságok képezik, amelyek a kiválasztott cél szempontjából fontosak. A vízminőség igény ily módon tág határok között változik. Tehát annak megállapítása, hogy a víz szennyezett-e, attól függ, hogy milyen célra kívánjuk felhasználni. [10]

A vízminőség általában a vizek fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai tulajdonságainak összessége. [4] A víz minőségének meghatározása szakszerű mintavételből, valamint helyszíni fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai vizsgálatok elvégzéséből áll. [5] A vízminősítés a vizek

a vizek minőségének megállapítására irányuló szervezet tevékenység, amelynek két fő feladata van: a pillanatnyi vízminőségi állapot összevetése a vízminőségi követelményekkel és a vízminőségi helyzet egységes megítélése. [11] A víz fizikai tulajdonsága a vízhőmérséklettel, átlátszósággal (zavarossággal), a szagával jellemezhető. A kémiai tulajdonságok a vízben található oldott szervetlen és szerves anyagokkal, az összes oldott anyagtartalommal (halobitás), biológiai tulajdonsága elsősorban a szervesanyag-termeléssel (trofitás), és a szerves anyag lebontó képességével (szaprobitás) írható le. „A vizek szennyező anyagokkal való terhelhetőségéhez a vízmennyiség, a vízhozamok ismerete is szükséges.” A vizek minőségi meghatározása és minőség szerinti osztályba sorolása az MSZ 12749/1194 szabvány szerint történt. Ez a szabvány a vízminőségi jellemzők öt csoportját különítette el:

1. oxigénháztartás,
2. nitrogén- és foszforháztartás,
3. szerves mikroszennyezők (és toxicitás),
4. mikrobiológiai,
5. és egyéb jellemzők. [4]

A vízminőség szempontjából fontos a nitrogén és foszfor mennyisége, mivel ezek az autotrof táplálkozású szervezetek tápanyagai. A nitrogén- és foszfortartalom növekedése együtt jár a vízi élővilág részét alkotó fitoplanktonok elszaporodásával, és ez növeli a vizek trofitását. A fitoplanktonok a vízi élővilág fontos táplálékláncát indítják el, elhalásuk és lebomlásuk oxigént von el a vízből, ezért a nitrogén- és foszforháztartás összefügg az oxigénháztartással. A nitrogén- és a foszforháztartás a víz a különböző nitrogénformák (ammónium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrát (NO_3)) a foszfor főleg az ortofoszfát (PO_4) mennyiségével jellemezhető. Az oxigénháztartást az oldott oxigéntartalom (mg/l), oxigéntelítettség (%), biológiai (BOI_5 , mg/l) és kémiai (KOI) oxigénigény jellemzi. Az egyéb jellemzők között a víz lúgosságát mérő pH, az összes oldott anyagtartalommal szoros kapcsolatban levő vezetőképesség (mikroS/cm) is szerepel. [4]

Minden vízminőségi jellemző esetében 5 minőségi osztály volt megállapítva, amelyek a következők: [4] kiváló víz, jó víz, tűrhető víz, szennyezett víz, valamint az erősen szennyezett víz.

A minősítésem során a 10/2010. (VIII.18.) VM rendeletet, „a felszíni víz vízszennyezettségi határértégeiről és azok alkalmazásának szabályairól” [12] szóló jogszabályt használtam, mivel ezen rendeletben szerepelnek azon határértékek, amellyel eldönthető a folyó minőségi állapota.

2000. december 22.-én lépett hatályba az Európai Unió tagországaiban a “Víz Keretirányelv” (2000/60/EK irányelve), amely az EU új vízpolitikája. A VKI célja, hogy a felszíni és a felszín alatti víztestek “jó állapotba” kerüljenek meghatározott időn belül. A keretirányelv szerint a “jó állapot” nemcsak a víz tisztaságát jelenti, hanem a vízhez kötődő élőhelyek minél zavartalanabb állapotát, illetve a megfelelő vízmennyiséget is.

„A Víz Keretirányelv általános célkitűzései:

- 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.

A VKI alapelve, hogy a víz nem csupán szokásos kereskedelmi termék, hanem alapvetően örökség is, amit ennek megfelelően kell óvni, védeni. A vízkészletek használata során hosszútávon fenntartható megoldásokra kell törekedni. A jó állapot eléréséhez szükséges javító beruházásokat össze kell hangolni a fenntartható fejlesztési igényekkel, de szigorúan a VKI elvárásainak figyelembevételével.”

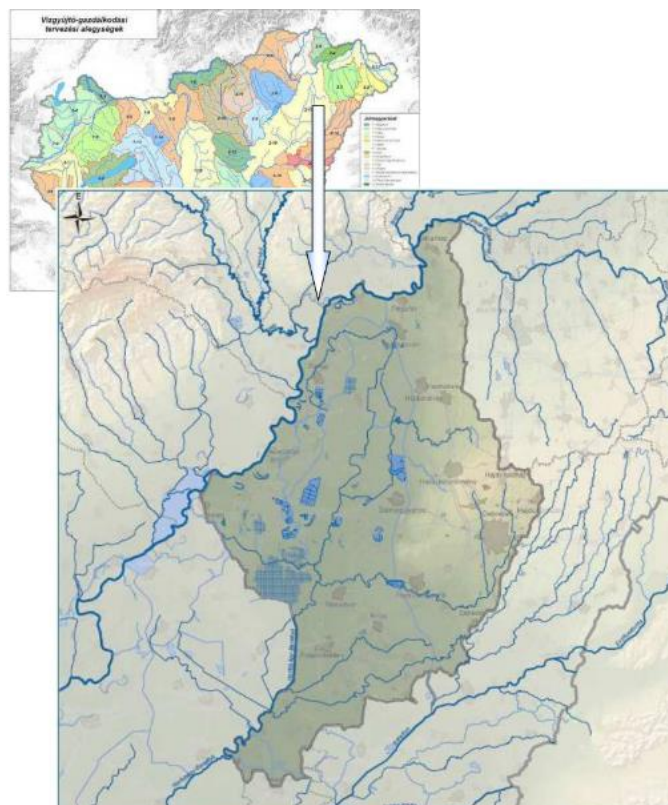
„A kitűzött cél, vagyis a vízfolyások, állóvizek, felszín alatti vizek jó ökológiai, vízminőségi és mennyiségi állapotának elérése összetett és hosszú folyamat. E célok eléréséhez szükséges intézkedéseket a vízgyűjtő-gazdálkodási terv foglalja össze, amely egy gondos és kiterjedt tervezési folyamat eredményeként született meg. A vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT) tartalmazza az összes szükséges információt, amely a víztestekről rendelkezésre áll, az állapotértékelések eredményét, azt, hogy milyen problémák jelentkeznek a tervezési területen és ennek milyen okai azonosíthatók, továbbá, hogy milyen környezeti célokat tűzhetünk ki, és ezek eléréséhez milyen műszaki és szabályozási intézkedésekre, illetve pénzügyi támogatásokra, ösztönzőkre van szükség.” [3]

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Ebben a fejezetben általánosan jellemzem az általam választott víztestet. Bemutatom az elhelyezkedését, milyen településekkel van körül határolva, a terület éghajlatára, illetve növényföldrajzára vonatkozó jellemzőket, valamint a víztest antropogén eredetű pontszerű és diffúz szennyező forrásait. Továbbá bemutatom a monitoring vizsgálatom során kiválasztott mintavételi helyeket és időpontokat, illetve a mintavételek módját. A mintavételeket követően a helyszínen és laboratóriumban is végeztem méréseket. Tehát ebben a fejezetben részletesen jellemzem még a mérőbőrönd segítségével meghatározandó paramétereket és a laboratóriumi vizsgálatok jelentőségét továbbá meneteit is.

3.1. A Hortobágy-Berettyó tervezési alegység bemutatása

„A Hortobágy-Berettyó elnevezésű tervezési alegység területe 4864,80 km². A tervezési alegység fő vízfolyásai a Hortobágy, a Hortobágy-Berettyó a Keleti- és Nyugatifőcsatorna. A tervezési alegység elsősorban a Hortobágy és a Hortobágy-Berettyó vízgyűjtőjeként értelmezhető.” „Az alegység területén jelentős az öntözőcsatornák, belvízcsatornák és kettősműködésű csatornák száma. Mind vízmennyiségi, mind vízminőségi adottságok tekintetében a területen a belvízi, illetve vízgazdálkodási célú vízkormányzások meghatározóak.” [3] A Hortobágy-Berettyó vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységet az 1. ábrán szemléltetem.



1.ábra. A 2.17-es Hortobágy-Berettyó vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegység [3]

„A Hortobágy-Berettyó vízgyűjtő természetes lefolyása csak mintegy $4 \text{ m}^3/\text{s}$. A főcsatorna torkolati vízjátéka meghaladja a 8 métert, de még Ecseghalvánál is 5 méter körüli. A téli hónapok kivételével a Hortobágy-Berettyó vize duzzasztott, a Hármaskörösön Békésszentandrásnál fenntartott magas vízszint következtében. A duzzasztás hatása a főcsatorna alsó szakaszán érvényesül. A duzzasztás egyrészt kedvező feltételeket teremt az öntözés számára, ugyanakkor hozzájárul az eutrofizációs folyamatok felgyorsulásához. A térség vízrajzát, vízjárását jelentősen megváltoztatta a Tiszalöki Öntözőrendszer kiépítése (Keleti- és Nyugati-főcsatornák és mellékágai). Az alegység vízfolyás víztestei síkvidéken folyó vizek, alsószakasz jellegűek. Azaz a vízsebességük viszonylag alacsony, területünkön jelentősen csökken sebességük. Medrüket laza szerkezetű felszíni képződménybe vájják. Ökológiai szempontból a kívánatos mederalak a kanyargó, enyhén meanderező, a völgyformák közül a vályú, illetve a meanderező völgyforma lenne elfogadható. A mederágy szerkezetére jellemző, hogy jelentős hordaléktorlaszok, farönkök, hidromorfológiát befolyásoló durva fa, törmelékek nem található. Parti természetes, vagy mesterséges vegetációval rendelkeznek.” [3]

„Az alegység területe növényföldrajzi értelemben az Alföld flóraidékéhez tartozik. Az Alföld flóraidéke teljes egészében az erdőssztyepp zónában tartozik. Geográfiai szempontból öntésterület, agyag, lösz, és homok váltogatja egymást. Ma már igazi kultúrtáj, kisebb foltokon még találkozhatunk a természetes vegetáció maradványaival. Bennszülött növény fajai, szikeseken a magyar sóballa, és a sóvirág, homokpusztákon a magyar csenkesz, kései szegfű.” [3]

Éghajlata a területnek erőteljesen kontinentális. A csapadéknak az éves mennyisége helyenként alig-alig haladja meg azt a mennyiséget, ami éppen megfelel az adott hőmérsékleti viszonyoknak a fás növénytársulások termesztéséhez. [3]

„A vízgyűjtőn élők, a vízhasználók szociális és gazdasági körülményei alapvetően meghatározzák a tervezési területen lévő víztestek állapotát és a megvalósítható intézkedések körét. Ugyanakkor a társadalmi és gazdasági viszonyok közzismerten függnék a vizek mennyiségétől és minőségétől. A vízi környezet a fenntartható fejlődés egyik alapeleme. A vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés során a társadalom és a gazdaság jelenlegi helyzete kerül figyelembevételre, valamint a tervidőszakban várható változásokkal számolnak.” [3] A vizsgált alegység területén található a VGT szerint 70 darab település. Az alegység országos rendű főútjai a 4. sz. és a 42. sz. főutak. A másodrendű főutak a 33. sz., 35 sz. főutak, melyek mind Debrecenből ágaznak el. A 4-számú főút Püspökladány irányából Debrecenen keresztül Hajdúhadházon át egészen Nyíregyházáig helyezkedik el. A 42-számú főút a Hortobágy-Berettyó alegységet köti össze a Berettyó alegységgel Püspökladány irányából, Berettyóújfalun keresztül, egészen a magyar-román határig, az ártándi határátkelőig helyezkedik el. A 33-as másodrendű főút Debrecen, Hortobágy, Tiszafüred felé helyezkedik el. A 35-ös másodrendű főút Debrecen, Hajdúböszörmény, Görbeházán át Polgárnál csatlakozik az M3-as autópályához. A térségben az M35-ös és az M3-as autópálya található. [3]

3.2. Víztestek jellemzése

A VKI (Víz Keretirányelv) a vizekkel kapcsolatos előírásait és elvárásait az úgynevezett víztesteken keresztül érvényesíti, így a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés legkisebb alapelemei is a víztestek. Az Unió a jellemző víztestek kijelölésével kívánja a vizek állapotát megítélni, illetve az állapotmegtartó és -javító intézkedéseket meghozni. A víztesteknek a meghatározása éppen ezért, alapos és megfontolt munkát igényelt.

„Magyarországon a VKI fogalom meghatározásait követve, a következő víztest fajták kerültek kijelölésre:

- természetes felszíni vizek: vízfolyás és állóvíz víztestek,
- erősen módosított víztestek olyan természetes eredetű felszíni vizek, amelyek az emberi fizikai tevékenység eredményeként jellegükben jelentősen megváltoztak, fenntartásuk e megváltozott formában azonban több szempont alapján is indokolt,
- a természetes felszíni vizekhez hasonló mesterséges, valamint
- felszín alatti víztestek.

Az alegység területén 15 vízfolyás és 7 állóvíz víztest található. A terület 8 felszín alatti víztestet érint.” [3]

„A Víz Keretirányelv szerint a “vízfolyás” olyan szárazföldi vizet jelent, amely nagyjából földfelszínen folyik, de amely útjának egy részén a felszín alatt is áramolhat.” [3]

3.3. Emberi tevékenységből eredő terhelések

3.3.1. Pontszerű szennyezőforrások

„A Hortobágy-Berettyó vízgyűjtő gazdálkodási alegység területén a felszíni vizeket érintő pontszerű szennyezőforrásnak tekinthető 32 db kommunális szennyvíztisztító telep üzemel. A szennyvíztelepek jórészt rendelkeznek mechanikai és biológiatisztítási fokozatokkal, de sok helyen nitrogén és foszforeltávolítás is megtalálható. Korszerűtlen kétszintes ülepítő és földmedrű oxidációs tavas kialakítású szennyvíztisztító telep 3 db található a területen melyek felszín alatti vízszennyező forrást jelentenek. A csapadékkal is különböző szennyezőanyagok kerülhetnek a felszíni és felszín alatti vizekbe: a települések területéről lemosott olaj, nehézfémek, illetve növényvédőszeres is. A tervezési alegység területén a nagyobb városok és több kistélepülés rendelkeznek csapadékvíz elvezető rendszerrel, de a csapadékvizek kezelése itt sem megoldott.” [3]

„A települési hulladékkezelési közszolgáltatás a települések közel 100 %-ban működik, csupán néhány kis lélekszámú település önkormányzata nem tudja biztosítani a kötelező hulladékszállítási közszolgáltatást. A tervezési alegységben lévő, településekhez köthető kommunális

hulladéklerakók és folyékony hulladék leürítő helyek szennyezőforrásként jelenhetnek meg felszíni lefolyások, vagy a talajba történő beszivárgás miatt.” [3]

„A tervezési alegység területén keletkező ipari szennyvíz jelentős része közmű csatornába kerül. További potenciális szennyezőforrásként jöhetnek szóba üzemanyagtöltő állomások, illetve gépkocsimosók szennyezett csapadékvizei, az itt keletkező szennyezett víz mennyisége azonban nem jelentős.” [3]

„A felszín alatti vizek és esetenként a felszíni vizek szempontjából jelentős pontszerű szennyező források lehetnek az intenzív tartású, nagy létszámú állattartó telepek, amennyiben a trágyakezelés, tárolás nem felel meg a Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat előírásainak. A tervezési egység területén szarvasmarha, sertés, juh és baromfitenyésztés folyik. Az állattartás nagyrészt mélyalmos technológiai rendszerben történik, ami ugyan nem termel nagy mennyiségű szennyvizet, de a nem körütekintően folytatott gazdálkodás mellett mindenképp szennyezőforrásnak tekinthető. A hígtrágyás állattartás esetében is az előírt technológia be nem tartása okozhat szennyezést. Számtalanszor előfordult, hogy a tárolás helyéről kimosott szerves trágya felszíni vízben okozott károkat (az ammónia tartalom miatt fellépő oxigénhiányos állapot eredménye halpipálás, rosszabb esetben halpusztulás lehet).” [3]

3.3.2. Diffúz Szennyezőforrások

„A nem pontszerű, diffúz szennyezések rendszerint nagy területről érkeznek kis koncentrációban, a kibocsátások térbeli elhelyezkedése elszórt és pontosan nem ismert. Az emissziók valamilyen intenzív területhasználat (mezőgazdaság, település, erdőgazdálkodás) következményei. Bár az egyes (lokális) kibocsátások mértéke önmagában kicsi, hatásuk a vizekre összegződve jelentkezik. A szennyezés a forrásoktól valamilyen közvetítő közegen keresztül jut el a vizekig, a befogadóba történő belépés vonal, vagy felület mentén történik. A terjedésben (felszíni és felszín alatti transzport) meghatározó szerepük van a hidrológiai folyamatoknak.” [3]

„A csatornázatlan belterületekről, illetve a csatornára nem rákötött ingatlanokról származó, szikkasztott szennyvizek a felszín alatti vizek terhelését okozzák. Az elszikkasztott szennyvíz a nitrogén (ammónia, nitrát, nitrit) tartalmon felül a háztartásokban használt különböző vegyszereket, valamint a lakosok által elfogyasztott gyógyszereket is tartalmaz. A diffúz terhelés szempontjából a mezőgazdasági területek a legelterjedtebb tápanyagforrások, mivel az ország

döntő többsége termőterület. A terhelés meghatározásához fontos a talajok hosszú távú tápanyag mérlegének ismerete. A felszíni vizek esetében a jó állapot elérését leginkább a túlzott mértékű foszforterhelés veszélyezteti. A mezőgazdasági eredetű terhelések szerepe a múltbéli nagy tápanyag-feleslegek következtében a felső talajrétegekben akkumulálódott foszfortartalom útján érvényesül. A tárolt felesleg a hidrológiai folyamatok révén, főként a felszínen, a lefolyás és az erózió által jut el a felszíni vizekbe.” [3]

3.4. A Hortobágy-Berettyó monitoringja és minősítése

3.4.1. Mintavételi helyek

A mintavételi pontok megválasztásánál fontos szempontom volt, hogy legyen lehetőségem évszaktól, valamint időjárási viszonyoktól függetlenül is mintát venni, tehát fix mintavételi pontok legyenek. Az előzetesen elkészített munkatervem alapján három darab mintavételi helyet jelöltem ki a Hortobágy-Berettyó főcsatornán. A mintavételi helyeket, a GPS koordinátaikkal együtt a 2. táblázatban mutatom be.

2. táblázat. A mintavételi helyek és GPS koordináták

Mintavételi helyek		GPS koordináták	
		É	K
1.	Bucsa - közhíd	47°13'31.9"	20°58'04.3"
2.	Vízmérce- Sebes-ér	47°12'34.7"	20°57'19.9"
3.	Ecsefalva - közhíd	47°09'16.0"	20°54'56.1"

A mintáimat mintegy 8 km-es szakaszon vételeztem és végeztem el a helyszíni méréseimet. Az első mintavételi pontomat a Bucsa község előtt található közúti hídon jelöltem ki. A második mintavételi pontomat a Sebes-éri gátórház területén található Borz elnevezésű vízmércénél jelöltem ki. A harmadik mintavételi pontom az Ecsefalva község előtt található közúti hídon található. Mind a három pontom autóval is jól megközelíthető, valamint a kijelölésnél fontos szempontom volt, hogy időjárási viszonyoktól függetlenül bármikor lehetséges legyen a mintavételi folyamat, tehát mindenkor megközelíthető legyen. A mintavételi helyeket fotókkal prezentálva a 2. ábrán mutatom be. A mintavételi helyeket térképen ábrázolva a 3. ábrán mutatom be.

a) Bucsa-közhíd



b) Vízmérce



c) Ecsegfalva-közhíd

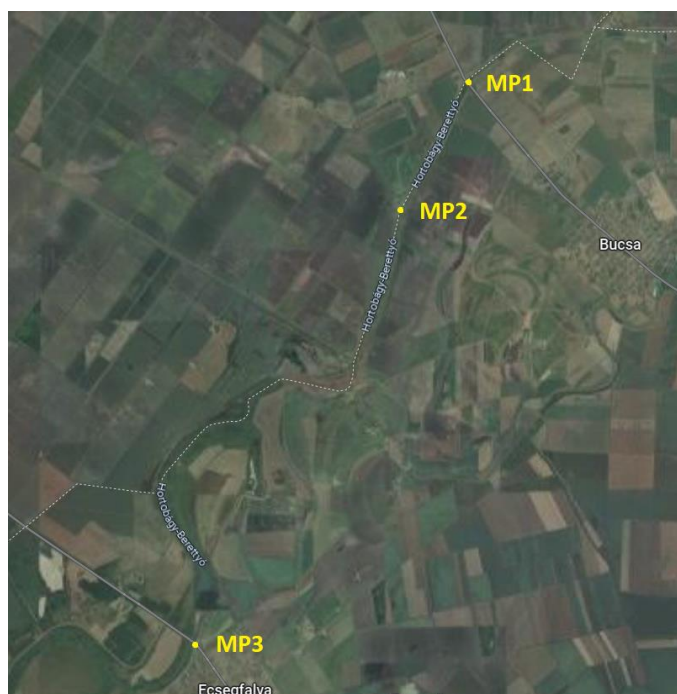


1. Mintavételi pont (1.MP)

2. Mintavételi pont (2.MP)

3. Mintavételi pont (3.MP)

2. ábra. Mintavételi pontok (saját fotók)



3. ábra. Mintavételi pontok térképes ábrázolása (saját szerkesztés)

3.4.2. Mintavételi időpontok

A vizsgálataim célja a vizsgált csatornaszakasz nyári időszakra vonatkozó minősítése volt. Előzetesen négy mintavételi időpontot jelöltem ki 2023 nyara során véletlenszerűen. A laboratóriumi mérésekre a mintavételi napot követő napon került sort, addig a mintáimat hűtve, 4 °C-on tároltam. A mintavételeket általában késődélutáni időszakban végeztem, kezdve a Bucsa községnél található közhíddal és befejezve az Ecsefalva községnél található közhíddal. A mintavételi időpontokat a 3. táblázatban szemléltettem.

3. táblázat. Mintavételi időpontok

Mintavételi hely sorszáma	Mintavétel időpontja	Laboratóriumi mérés időpontja	Időszak
1.	2023.06.06.	2023.06.07.	nyári
2.	2023.06.27.	2023.06.28.	nyári
3.	2023.07.11.	2023.07.12.	nyári
4.	2023.08.29.	2023.08.30.	nyári

A főcsatornán végzett mintavételezéseimet, valamint helyszíni vizsgálataimat 2023. június 6-án kezdtem el és 2023. augusztus 29-én fejeztem be. A két időpont között még végeztem két mintavételezést, június végén és július közepén. Ezekkel a véletlenszerű időpontokkal, és az azt követő vizsgálatokkal, egy egész nyári időszakot átfogó adathalmaz és információ állt rendelkezésemre a minősítéshez. Ahogy már fentebb említettem és 3. táblázatból is jól látszik, a laboratóriumban való vizsgálatokat minden minta esetében a mintavételt követő másnap végeztem el, így a minták a vizsgálat napjának reggelén kerültek beszállításra a laboratóriumba.

3.4.3. Mintavétel módja

A mintáimat minden esetben mintavevőkannával vettem, melynek fülére kötél volt erősítve. Magát a vételezést úgy végeztem el a két közhíd esetében, hogy szemre kijelöltem a hidak közepét, leengedve a hidak a közepéről a kannát megvártam amíg megtelik, és amikor megtelt felhúztam. A vízmérce esetében a mérce mellett található beugróra felmenve ugyanezt a módszert alkalmaztam, a beugró közepéről leengedtem a kannát majd amikor az megtelt felhúztam. Így biztosítottam, hogy a mintám homogén legyen, és az adott helyen az egész víztest állapotát

reprezentálja. Természetesen a mintavétel előtt a kannát átmostam a mintázandó vízzel, valamint a helyszíni mérésekhez szükséges vizet is külön kannával vettem, ami szintén át lett mosva. Ezt követően a megvett mintákat jól zárható, tiszta mintatartó edényzetbe töltöttem. Az edényzetet a mintával való megtöltés előtt átmostam a mintával. Minden mintatartót megjelöltem a minták sorszámaival.

A mintavételről minden esetben mintavételi jegyzőkönyvet készítettem, melyben jelöltem a mintavétel idejét, a mintavételi pontokat a GPS koordinátaikkal együtt, az időjárási viszonyokat, valamint a helyszíni vizsgálataim eredményeit a minták sorszámaival számozva.

A mintákat tartalmazó mintartó edényzeteket a mintavétel, valamint a helyszíni mérések követően egy hűtőtáskába, majd hazaérve a hűtőben helyeztem el. A laboratóriumba való szállítás előtt visszatettem őket a hűtőtáskába és a laboratóriumba érkezésig, benne tároltam őket. Így biztosítva a 4 °C-on való tárolást a tartósítás céljából, valamint, hogy bizonyos változékony komponensek megőrizték az eredeti állapotukat, a valós értékeket tükrözzék.

3.5. Alkalmazott módszerek

3.5.1. Helyszíni mérések

A szabványos mintavételt követően helyszíni vizsgálatokat végeztem olyan paraméterek meghatározására, amelyek a laboratóriumba való szállítás alatt, és tartósítás mellett is változhatnak. Ilyen paraméterek a fajlagos elektromos vezetőképesség, az összes sótartalom, a pH, a hőmérséklet és az oldott oxigéntartalom, melyet mg/l-ben és telítettségi százalékban adtam meg. A pH egy adott minta savasságáról, illetve lúgosságáról ad felvilágítást, valamint arról, hogy milyen agresszív egy minta. Az összes sótartalom, a minta összes oldott sótartalmának a mennyiségéről ad felvilágosítást és ez szorosan összefügg a fajlagos elektromos vezetőképességgel, ugyanis minél több só tartalmaz a minta annál nagyobb a vezetőképessége is. A hőmérséklet meghatározása nagyon fontos a helyszínen hiszen a hőmérséklet értéke kihatással van az oldott oxigéntartalomra. Minél alacsonyabb a hőmérséklet annál, nagyobb az oldott oxigéntartalom, hiszen a gázok alacsonyabb hőmérsékleten jobban tudnak oldódni. A legfontosabb paraméter, ami a helyszínen meghatározandó az az oldott oxigén mennyisége, hiszen ez rövid idejű tárolás alatt is képes jelentősen megváltozni. Az alkalmazott elektróda segítségével ezt az értéket kétfajta egységben is lehetséges megadni, ezek a fentebb említett telítettségi százalék és mg/l. A helyszíni mérések

elvégzésére a MultiLine P4 terepi mérőbőröndöt használtam, melyben található mérőelektródákat a mérések előtt minden alkalommal kalibráltam a bőröndben található kalibrálóoldatok segítségével. A helyszíni mérésekről minden esetben mérési jegyzőkönyvet vezettem, ahol a mért adataimat feltüntettem, a mérések időpontjaival, a meteorológiai adatokkal és a GPS koordinátákkal együtt. A helyszíni elemzésről készült fotót a 4. ábrán mutatom be.



4. ábra. Helyszíni mérés (saját fotó)

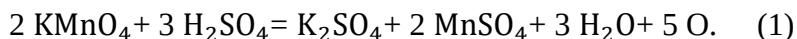
53.5.2. Laboratóriumi mérések

A laboratóriumi méréseimet a Debreceni Egyetem Műszaki Karának Vízminőségvédelmi laboratóriumában végeztem el, ahol is mértem a vízminták biológiai oxigénigényét, kémiai oxigénigényét, lúgosságát, zavarosságát és összes szerves széntartalmát, valamint ionkromatográfiás készülékkel meghatározásra kerül anionok közül fluorid-, klorid-, nirti-, bromid-, nirtát-, foszfát-, szulfát-, még kationok közül a nátrium-, kálium-, ammónium-, magnézium-, és kalcium-ion koncentrációja.

„A biológiai oxigénigény az az oldott oxigénmennyiségről ad felvilágosítást, amely a vízben levő szerves anyagok aerob baktériumok általi lebontásához bizonyos időtartam és hőmérséklet mellett szükséges. A biokémiai oxigénigény értéke alapján a vizsgált minta szervesanyag-tartalmának mértékére következtethetünk. A ma legáltalánosabban használt BOI érték megadási mód: a BOI_5 (mg/l), amely egy liter vizsgált minta öt nap alatti vizsgálat során felhasznált biológiai oxigén igényét adja meg, mg O_2 -ben kifejezve. A teljes biológiai lebontáshoz elméletileg végtelen időtartam szükséges, gyakorlatilag a lebontás 20 nap alatt teljesnek tekinthető.” [13] A vizsgálataim során 5 napos biológiai oxigénigényt vizsgáltam, amelynek során OxiTop IS 12 típusú

berendezést használtam. A mérést úgy hajtottam végre, hogy egy túlfolyós lombik segítségével 432 ml térfogatú mintát töltöttem az ún. barna mérőedénybe. Előtte a mintáimat homogenizáltam és a túlfolyós mérőlombikot átöblítettem velük. Minden minta esetében három darab mérést indítottam, párhuzamos mérések végzése céljából. A mintával feltöltött barna mérőedényekbe 9 csepp NTH-600-as cseppet csepegtettem, valamint, mindegyikben elhelyeztem egy mágneses keverőt is. Ezt követően az üvegek szájára ráhelyeztem a gumikosarat és mindegyik kosárba 4 darab NaOH pasztillát tettem. Ezeknek a komponenseknek a szerepe, hogy megakadályozzák az üvegekben a nitrifikációt. Amint ezekkel a lépésekkel előkészítettem a méréseket feltekertem az üvegekre az OxiTop mérőfejet és a fejen lévő „S”, illetve „M” gomb egyszerre történő megnyomásával indítottam el a mérést. A barna mérőedényeket az OxiTop fejjel ellátva a temperáló szekrénybe helyeztem, ahol állandó keverés mellett 5 vagy több napig 20°C-on tároltam. Az 5 nap elteltével leolvastam az eredményeket.

„A vízben levő szerves szennyezőanyag mennyisége közelítően a kémiai oxigénigény (KOI, mg/l) alapján is meghatározható. Ez a meghatározás tehát azt az oxigénmennyiséget adja meg, amely a vízben levő szervesanyag kémiai oxidálásához szükséges. A KOI meghatározása során valamennyi szerves anyag oxidálódik széndioxiddá és vízzé, tekintet nélkül arra, hogy a szerves anyag biológiailag lebontható vagy nem. Ezért a KOI érték a biokémiai oxigénigény értéknél mindig nagyobb. Közelítő vonásai mellett az eljárás előnye az, hogy a KOI érték meghatározásához rövid időtartam szükséges.” [13] A vizsgálatomat Kálium-permanganátos oxigénfogyasztás meghatározás segítségével végeztem el, amely során a szerves anyaggal reagáló oxidálószer mennyiségét mértem meg és abból a vele egyenértékű oxigén mennyiségét számoltam ki. A méréshez tartozó reakcióegyenlet (1):



A mérés elvégzéséhez először minden alkalommal faktoroztam az alkalmazott kálium-permanganát oldatot, azaz meghatároztam a pontos koncentrációját. A faktorozást úgy végeztem el, hogy 0,005 mol/dm³ koncentrációjú oxálsavat készítettem. Ebből az oxálsavból 20-20 cm³-t mértem, adtam hozzá 30-30 cm³ vizet, és megsavanyítottam 10 cm³ 20 m/m%-os kénsavoldattal. Az így előkészített oxálsav részleteket felmelegítettem gázrezsón körülbelül 80 °C-ra és titráltam a kálium-permanganát mérőoldattal. A titrálás fogyásaiból számoltam ki a mérőoldat pontos koncentrációját. A faktorozás után kezdem el a vizsgálatomat, mely során minden mintából 50-50

cm³-t mértem be titráló lombikokba, megsavanyítottam 15 cm³ a fentebb említett kénsavoldattal, és horzsakő hozzáadásával a gázrezsón forrásig melegítettem. Mikor megindult a forrás, büretta segítségével a mintáimhoz 20 cm³ kálium-permanganátot mértem, és visszahelyeztem a rezsóra, tölcsérrel lefedve még plusz 10 percig forraltam. A 10 perc leteltével, a már elkészített oxálsavból mértem a mintákhoz 20 cm³-t és az elszíntelenedett oldatot a kálium-permanganáttal titráltam. A titrálás fogyásait feljegyeztem és fentebb leírt reakcióegyenlet segítségével számoltam ki a kémiai oxigénigény értékeket, amelyeket mg/l mértékegységben adtam meg. Ioncserélt vízzel vakpróbát is végeztem, amely eredményét szintén felhasználtam a számításoknál. Mind a faktorozás, mind pedig a kémiai oxigénigény meghatározásánál minden mintámnál párhuzamos méréseket végeztem.

A mintáim zavarosságát TURB 555 (-IR) zavarosságmérő műszerrel határoztam meg, amely nefelometriás elven működik. „A nefelometria a fluorometriás módszerrel analóg és a kolloid részecskéken szóródó fény intenzitásának mérésén alapul.” [13] A mért eredményeket NTU egységekben adtam meg.

Vizek lúgosságát a lúgosan hidrolizáló sók és bázisok okozzák. [14] A lúgosságot erős sav mérőoldattal, titrálással, jelen esetben ~ 0,01 mol/dm³ koncentrációjú sósavval való titrálással határoztam meg. A mérések előtt a sósav oldat pontos koncentrációját kálium-hidrogén-karbonáttal határoztam meg, az-az faktoroztam. A lúgosság eredményeket mmol/dm³ értékben adtam meg. Két fajta lúgosságot, az összes és a szabad lúgosságot tudjuk megkülönböztetni. A szabad lúgosság (p') kifejezi, hogy 1 dm³ vízmintához hány mmol HCl szükséges ahhoz, hogy elérjük a pH 8,3-as értéket. Az összes lúgosság pedig kifejezi, hogy 1 dm³ vízmintához hány mmol HCl-t kell adni, hogy elérjük a pH 4,5-ös értéket. [14] A titrálás során a mintáimból minden mérés esetében 100 cm³ mennyiséget mértem be. Első lépésként 2-3 csepp fenolftalein indikátort adtam hozzájuk, figyelve a változást és meghatározva a p-lúgosságot. Ezt követően 2-3 csepp metil-narancsot adtam a mintákhoz és az előzőlegesen meghatározott koncentrációjú sósav oldattal titráltam. Minden minta esetében párhuzamos méréseket végeztem és a titrálások fogyásainak segítségével számoltam ki a lúgosság értékeket.

„A Shimadzu TOC-*V_{CPN}* készülék alkalmas oldat minták szerves és szervesetlen komponenseit jellemző összegparaméter megadására. A paraméterek (TOC/NPOC, TIC) napjainkban a termálvíz-analitikában egyre elterjedtebbek, pontosabbak, mint a kémiai- (KOI), illetve mint a

biológiai oxigénigény (BOI).” A méréseimhez NPOC üzemmódot használtam, melynek folyamán első lépésként kalibráltam a készüléket. A mérések megkezdése előtt ellenőriztem a rendszer vegyszer és ultra tiszta víz tartályait és megkezdtem a kalibrációt. Tisztítólépésként ultratiszta vízre lefuttattam néhány mérést. [15] Felszíni vízmintáimat előkészítés céljából 0,4 μm pórusátmérőjű membránszűrőn szűrtem át, aztán a szűréssel előkészített mintákat a mintatartó edényzetbe töltöttem.

Majd ionkromatográfias készülék alkalmazásával elemeztem a vízmintáim anion és kation tartalmát. „Általánosan elmondható, hogy a kromatográfias elválasztási módszer feladata, hogy egy mintakeverék egymáshoz hasonló viselkedésű komponenseit elválassza, azonosítsa és mennyiségüket meghatározza. Az elválasztás során az elválasztandó alkotók két egymással érintkező fázis között oszlanak meg. Az egyik fázis áll, így ezt állófázisnak, a másik fázis mozog, így ezt mozgófázisnak (eluensnek, fluid fázisnak) nevezzük. Az állófázis lehet szilárd anyag vagy folyadék. A kromatográfias eljárás során az állófázison keresztül haladó oldatnak valamilyen kémiai vagy fizikai tulajdonságát, pl. elektromos vezetőképességét mérjük és azt az idő függvényében ábrázoljuk. Az így kapott függvényt kromatogramnak nevezzük. A kromatogramokon egy csúcsokból álló sorozat látható, az egyes csúcsok a minta komponenseire jellemzők.” A retenciós idő a mintának a mozgófázisba bejuttatásától a komponens detektor által mért maximális koncentrációjának a megjelenéséig eltelt idő. A retenciós idő komponensenként változik, és az anyagi minőségre jellemző. „A kromatogram másik jellemző adata a csúcsok alatti terület, mely az oszlopon átfolyó oldat komponenseinek mennyiségével arányos. Így visszaszámolható a vizsgált oldat koncentrációja. A kromatográfias vizsgálattal tehát minőségi és mennyiségi analízist is végezhetünk.” A kromatográfias módszereket csoportosíthatjuk a mozgó fázis halmazállapota szerint. E szerint beszélhetünk gázkromatográfiáról (GC), folyadékkromatográfiáról (LC) és szuperkritikus fluid kromatográfiáról (SFC). „A folyadékkromatográfián belül az állófázis minősége szerint beszélhetünk adszorpciós, megoszlásos és ioncserés, illetve ionkromatográfiáról. A folyadékkromatográfia legelterjedtebb változata a nagynyomású folyadékkromatográfia (HPLC), melynek lényege, hogy az apró szemcsés állófázison, nagy nyomással áramoltatják keresztül a mozgófázist. Így a komponensek elválasztása gyorsabb, hatékonyabb. A HPLC-s mérés technika speciális fajtája az ionkromatográfia. Az ionkromatográfia töltéssel rendelkező részecskék, ionok elválasztására, meghatározására alkalmas analitikai módszer. Az elválasztás azon alapul, hogy a különböző ionok töltésük és méretük

függvényében különböző mértékben kötődnek meg ellentétes töltésű szilárd anyag, az álló fázis felszínén. Ha a meghatározni kívánt mintakeverék negatív töltésű ionokból áll, akkor ún. anioncserélő (pozitív töltésű) oszlopot kell választani a meghatározáshoz. Ha a mintakeverék pozitív töltésű ionokból áll, kationcserélő (negatív töltéssel rendelkező) oszlopot kell használni. Az oszlop végén kifolyó oldat vezetőképesség mérő detektoron áramlik át, amikor is a mérendő komponens koncentrációjával arányos jel lesz az eredmény. Az általam használt ún. DIONEX ICS-3000 dual ionkromatográfiás rendszer alkalmas erős és gyenge savak anionjainak meghatározására ionelnyomással, valamint egy- és kétértékű kationok meghatározására. Az eluens és mintaáramlási út vonal is egyaránt teljesen fémmentes. A vezérlő CHROMELEON Chromatography Management szoftver rendkívül sokoldalú, a készülék rendelkezik a megfelelő PC-illesztéssel. A hardver komponenseket a vezérlő és adatgyűjtő/feldolgozó szoftver monitorozza.” [15] Az ionkromatográfiás vizsgálathoz 0,45 µm pórusátmérőjű membránszűrőn szűrtem át a mintákat, mint mintaelőkészítő lépés. Körülbelül 60 ml-t szűrtem át minden mintából. Nagyon sok esetben kellett a mintáimat ultratiszta vízzel hígítani a mérések elvégzéséhez.

Az 5. ábrán fotók segítségével szemléltetem az egyes vizsgálatokat. Az 5. ábra a) pontjában a kémiai oxigénigény vizsgálat egy részlépése látható, ahogy a hozzáadott KMnO_4 tartalmú minták forrásban vannak, az ábra b) pontjában lúgosság vizsgálat látható, ahol a minták színét szeretném szemléltetni a titrálás végpontjában, valamint a c) pontban a biológiai oxigénigény mérést mutatom be a temperáló szekrényben elhelyezett OxiTop fejes mintákat tartalmazó mérőüvegeken keresztül.

a) Kémiai oxigénigény



b) Lúgosság



c) Biológiai oxigénigény



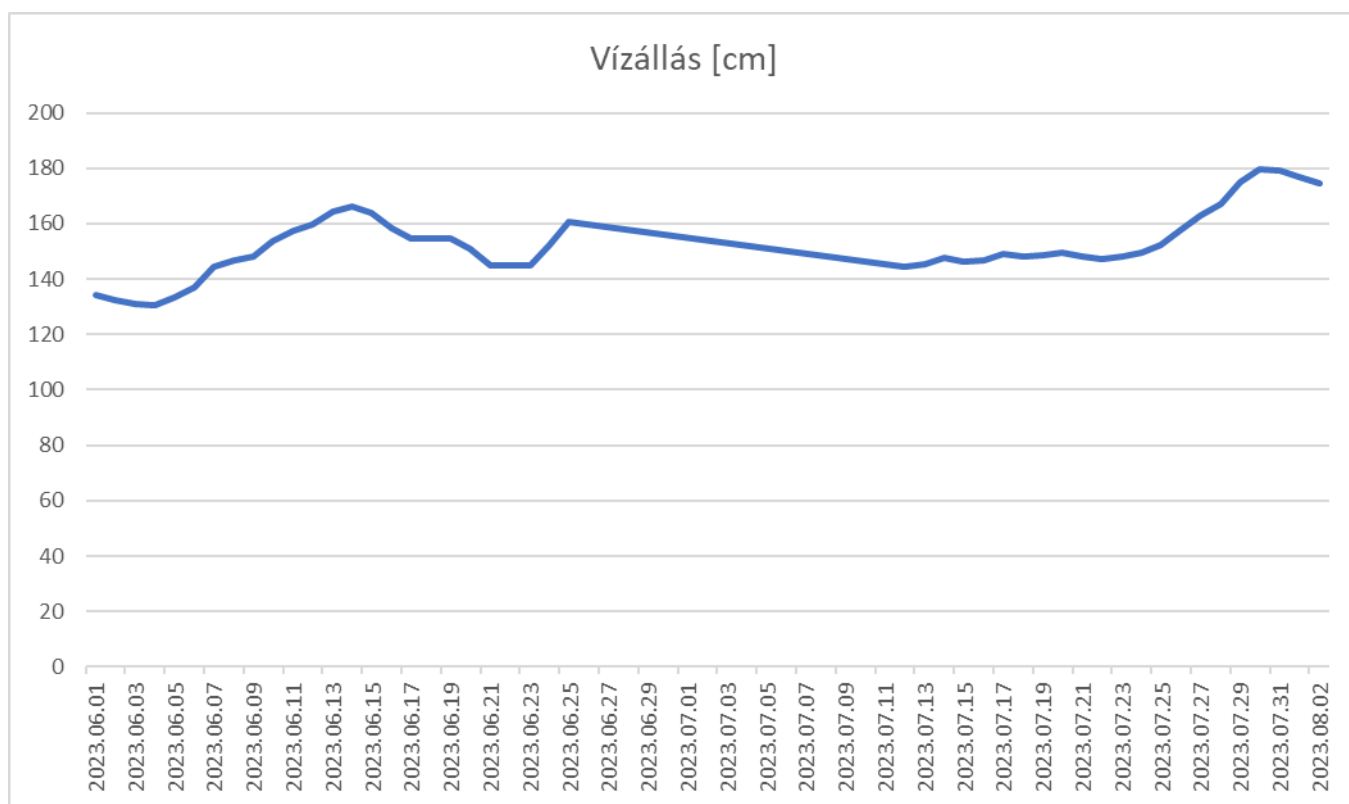
5.ábra. Laboratóriumi mérések (saját fotók)

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A kutatásom során nyomon követtem a Hortobágy-Berettyó vizsgált víztest vízállásainak alakulását, továbbá a minősítés szempontjából fontos helyszíni és laboratóriumi vizsgálatokat végeztem. Ebben a fejezetben mutatom be a feljegyzett vízállások alakulását, jellemzem a helyszíni méréseim eredményeit, illetve kielemezem táblázatos és diagramos formátumokban a laboratóriumi vizsgálataim során kapott értékeket.

4.1. Vízállások elemzése

A vizsgálatom megkezdésével egyidejűleg két hónapon keresztül jegyeztem fel vízállás adatokat. 2023. június, illetve július hónapban. A vízállás adatokat a 6.ábrán vonaldiagram formájában szemléltetem.



6. ábra. Vízállás adatok

A vonaldiagramon a vizsgált időszak vízállásait mutatom be. Az ábrán látható, hogy a nyár eleji időszakban, tehát a méréseim kezdetekor igen alacsonynak tekinthető vízállás volt megfigyelve.

Június hónap közepétől a végéig a vízállásban ingadozások figyelhetők meg, hol alacsonyabb, hol pedig magasabb értéket lehetett mérni, ez feltehetően egy esősebb időszak miatt alakulhatott így. Július hónap elején először folyamatosan csökkenő érték figyelhető meg a diagramon, majd július 12-től ingadozás figyelhető meg rajta. A hónap végén egy erős emelkedés látható benne és 29.-én éri el a maximumát a függvény. Ezt követően augusztus első két napján ismételen csökkenés tapasztalható. Július hónap közepén egy erőteljes esőzéses időjárás volt tapasztalható, ebből kifolyólag emelkedhetett meg a vonaldiagram július végén.

4.2. Helyszíni vizsgálatok

A helyszíni méréseim során végeztem pH mérést MultiLine P4 mérőbőrönd segítségével, valamint a benne található pH-mérő elektródával. A pH a vízminták savasságáról, illetve lúgosságáról ad információt. Semlegesnek a 7-es pH értéket nevezzük, és ettől minél jobban eltér a pH annál agresszívabb a minta. A pH-mérő elektróda segítségével végeztem el a hőmérséklet értékek meghatározását is párhuzamosan. A pH és a hőmérséklet helyszíni mérési eredményeket a 4. és 5. táblázatban szemléltetem.

4.táblázat. A mért pH értékek (saját adatok, saját szerkesztés)

	pH értékek			
	2023.06.06.	2023.06.27.	2023.07.11.	2023.08.29.
1.MP	7,64	7,22	7,36	7,28
2.MP	7,83	7,30	7,28	7,22
3.MP	7,65	7,28	7,33	7,26

5.táblázat. A mért hőmérséklet értékek (saját adatok, saját szerkesztés)

	Hőmérséklet [°C]			
	2023.06.06.	2023.06.27.	2023.07.11.	2023.08.29.
1.MP	22,4	24,2	27,4	27
2.MP	20,9	24,1	27	26,8
3.MP	21,6	24,1	26,8	26,9

A fenti eredményeket a mintavételezési pontok (amelyeket „MP” rövidítéssel jelöltem), valamint a mintavételezési és egyben mérési időpontok alapján helyeztem táblázatos formába. A táblázatokból látható, hogy az alacsonyabb hőmérséklet értékeknél a pH magasabb volt, közelebb volt a 8-as pH értékhez, mint magasabb mért hőmérsékleteknél, ahol a pH a 7-es értéket közelítette, a semleges értéket. Elmondható továbbá az is, hogy a pH értékei inkább semlegesnek mondható tartományon belül maradtak, hiszen egyik esetben sem csökkentek 7 alá vagy emelkedtek 8 érték felé.

A helyszínen továbbá végeztem még fajlagos elektromos vezetőképesség, valamint összes sótartalom meghatározást is. A fajlagos vezetőképességi érték a vizsgálandó minta ion-koncentrációjára jellemző gyűjtőfogalom. „Minél több sót, savat vagy lúgot tartalmaz a vizsgálandó vízminta, annál nagyobb a vezetőképessége.” [13] A vezetőképesség mértékegysége a Siemens/méter, a méréseim során az eredményeimet mikroSiemens/centiméter egységben, az összes sótartalom esetében pedig gramm/liter értékben adtam meg. A mért eredményeimet a 6. és 7. táblázatban mutatom be.

6.táblázat. A mért vezetőképesség értékek (saját adatok, saját szerkesztés)

	Vezetőképesség [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			
	2023.06.06.	2023.06.27.	2023.07.11.	2023.08.29.
1.MP	799	673	883	714
2.MP	986	699	872	697
3.MP	776	734	874	684

7.táblázat. A mért összes sótartalom értékek (saját adatok, saját szerkesztés)

	Összes sótartalom [g/l]			
	2023.06.06.	2023.06.27.	2023.07.11.	2023.08.29.
1.MP	0,2	0,1	0,4	0,3
2.MP	0,3	0,1	0,4	0,3
3.MP	0,1	0,1	0,4	0,3

A 6. és 7. táblázatban a mintavételi hely, valamint a mintavételi és ezzel egyidőben a mérési idő szerint adtam meg csoportosítva az eredményeket, a fent megadott mértékegységben értelmezve. A táblázatokból jól látható, hogy az alacsonyabb fajlagos elektromos vezetőképességi értékekhez alacsonyabb összes sótartalom tartozik. A magasabb sótartalom értékekhez pedig magasabb vezetőképességi értékek tartoznak. Például a legmagasabb fajlagos vezetőképességi értéket a második mintavételi ponton, 2023. június 6.-án mértem, a 986 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -t és az ehhez tartozó összes sótartalom pedig 0,3 g/l. A legmagasabb összes sótartalom érték pedig 0,4 g/l, amit három minta esetében mértem, 2023. július 11.-én, a három ponton és mind a három esetben a vezetőképességi értékek közelítik a 900-as $\mu\text{S}/\text{cm}$ értéket, pontosabban 883, 872 és 874 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ebben az időpontban a vízállás értéke közepesnek mondható, nem volt alacsony sem pedig magas.

Továbbá a helyszíni méréseken oldott oxigén tartalmakat is mértem, melyeket mg/l valamint telítettségi százalék értékekben adtam meg. „Minden folyadék annyi oxigént vesz fel, ameddig a folyadékban lévő oxigén parciális nyomása egyensúlyba kerül a vele érintkező levegő, illetve gázfázissal. A tényleges oxigén-koncentráció tehát számos tényezőtől függ, pl. a hőmérséklettől, a légnyomástól, a mikrobiológiai lebontási folyamatok oxigén-felhasználásától, illetve az algák oxigéntermelésétől stb. Az oxigén koncentrációnak például döntő jelentősége van a vízben élő halak és mikroorganizmusok életfeltételeire.” [13] A 8. és 9. táblázatban szemléltetem a mért oldott oxigén értékeimet.

8.táblázat. A mért oldott oxigén értékek mg/l-ben kifejezve (saját adatok, saját szerkesztés)

	Oldott oxigén [mg/l]			
	2023.06.06.	2023.06.27.	2023.07.11.	2023.08.29.
1.MP	1,77	-	1,51	1,36
2.MP	2,5	-	1,22	1,34
3.MP	1,66	-	1,31	1,48

9.táblázat. A mért oldott oxigén értékek telítettségi %-ban kifejezve (saját adatok, saját szerkesztés)

	Oldott oxigén [%]			
	2023.06.06.	2023.06.27.	2023.07.11.	2023.08.29.
1.MP	20,7	-	18,9	20,7
2.MP	28,5	-	15,3	17,1
3.MP	19,2	-	16,4	19

Az oldott oxigén értékek táblázatos bemutatásánál is a fentebb ismerttetett módszert alkalmaztam, tehát a mintavételi helyszín és időpont, valamint vizsgálati idő szerint lebontva és csoportosítva adtam meg az eredményeimet. Sajnálatos módon 2023.06.27-én a második mintavételelem alkalmával elektród hiba miatt az oldott oxigén mérésre nem volt lehetőségem, így arról a napról nincs adatom a víz oldott oxigén tartalmának állapotáról. A táblázatokból azonban jól látszik az, hogy az első mintavételi időpont alkalmával volt a legmagasabb az oldott oxigén koncentrációja. Valamint a harmadik és negyedik mintavételi alkalom esetében mind a hat mintánál hasonló értékeket kaptam, kisebb eltérésekkel. Visszatekintve az 5. táblázatra, azt a következtetést vontam le, hogy a hőmérséklet emelkedésével csökkent az oldott oxigén koncentrációja. A hőmérséklet ingadozásától nagymértékben függ az oldott oxigén mennyisége, ezért vélem úgy, hogy a vízfolyás hőmérsékletének a növekedése következtében csökkent az oldott oxigénnek a koncentrációja.

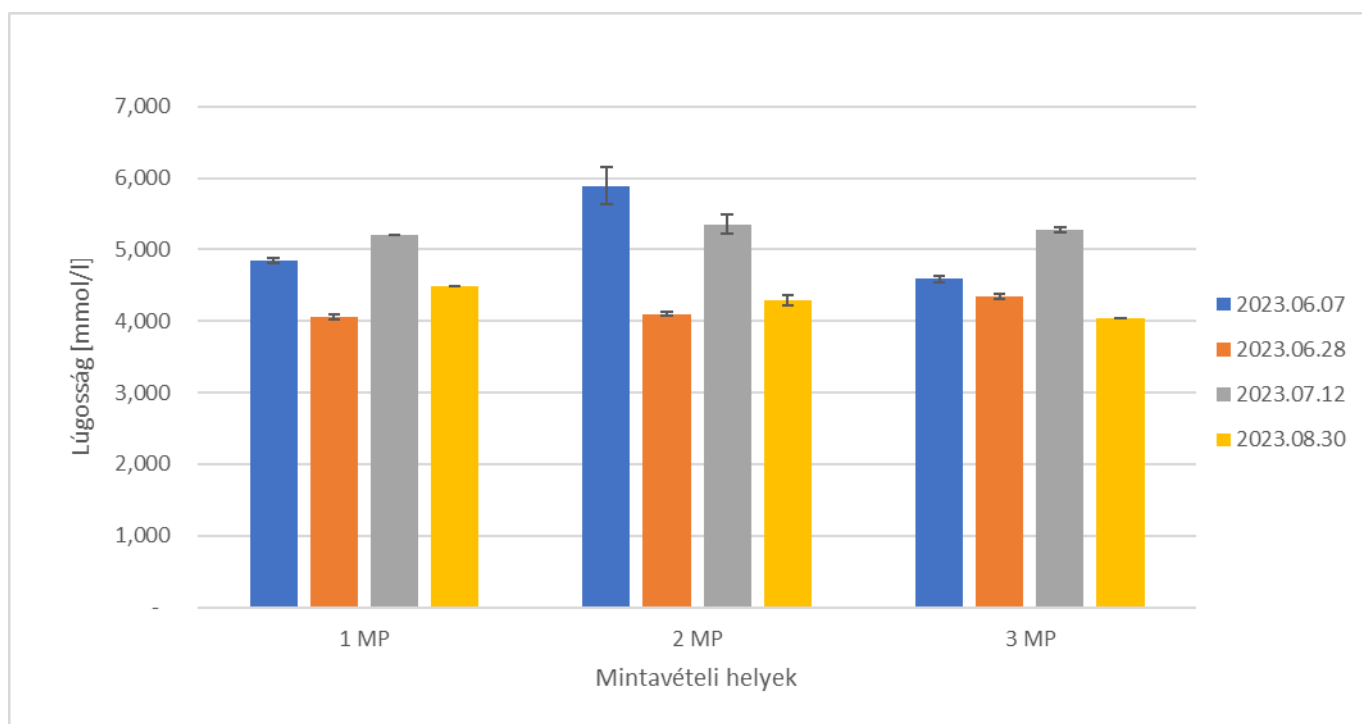
4.3. Laboratóriumi vizsgálatok

Ebben az alfejezetben szeretném bemutatni az „Anyag és módszer” című fejezetemben részletesen jellemzett, általam elvégzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeit. Ezeket az eredményeket táblázatos és diagramos formában szemléltetem, illetve az egyes mintavételi pontokon mért értékeket összehasonlítva értékelem ki.

4.3.1. Lúgosság mérése

A lúgosság meghatározását úgy végeztem el, hogy 100 cm³ vízmintát először fenolftalein indikátor, majd metil-narancs jelenlétében sósav oldattal titráltam. Párhuzamos méréseket

végeztem. A sósavat előzőlegesen ismert koncentrációjú KHCO_3 -oldattal faktoroztam. A titrálásaim eredményeit a 7. ábrán szemléltetem. Az ábrán a mért értékeket mmol/dm^3 értékben adtam meg. A méréseim során a fenolftalein, az az a szabad lúgosság értékek mind 0 mmol/dm^3 lettek, az indikátor hozzáadása után a minta színtelen maradt, tehát elmondható, hogy a vízmintának nincs mérhető szabad lúgossága, ezért ezeket az eredményeket a diagramon nem is ábrázoltam. A metil-narancs indikátor alkalmazása esetén pedig összes lúgosságot mértem, amelynek értékeit a 7. ábrán látható átlag-szórás diagram segítségével adtam meg.



7.ábra. A mért lúgosság eredmények (saját adatok, saját szerkesztés)

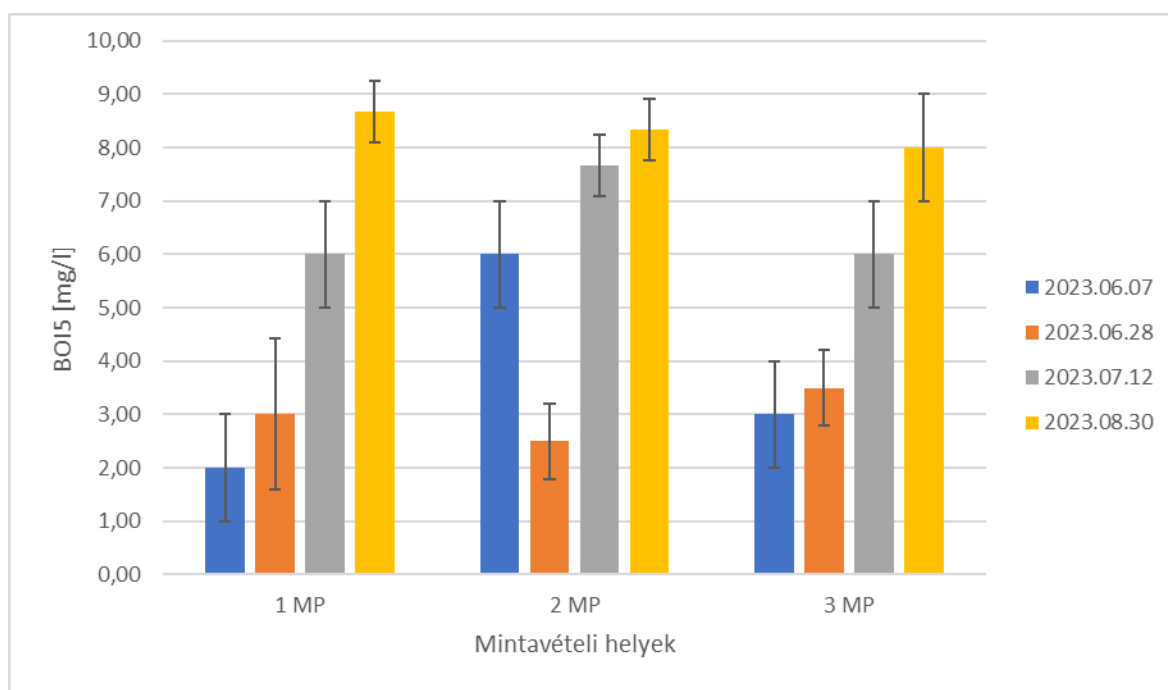
A 7. ábrán az eredmények mintavételi hely („MP”), valamint mérési időpont függvényében vannak lebontva. Látható, hogy minden időpontban igen hasonló eredményeket kaptam. Egy nagyobb kiugró érték látható az ábrán az első mérési időpontban a második mintavételi helyen egy $5,892 \text{ mmol/dm}^3$ -es összes lúgosság értékkel.

A mért lúgosság értékekből lehet következtetni egyes ionok mennyiségére, mely értékelésben a MSZ 448-11:1986 magyar szabvány volt segítségemre [16]. Az eredményeim alapján elmondható, hogy hidroxid-ion, valamint karbonát-ion nem található a vízmintákban, hiszen a szabad lúgosság értékek 0 mmol/dm^3 lettek. Ezek alapján a hidrogén-karbonát-ion mennyisége megegyezik a mért

összes lúgosság értékekkel. A legtöbb hidrogén-karbonát-iont 2023.06.07.-én mértem, a második mintavételi ponton vett mintából, 5,892 mmol/dm³-t, a legkevesebbet, pedig 2023.08.30.-án, a harmadik mintavételi ponton vett mintában mértem, 4,042 mmol/dm³-t. Ezeket a hidrogén-karbonát értékeket mg/l-ben is kiszámítottam. A legmagasabb hidrogén-karbonát-ion értéke mg/l egységben kifejezve 359 és a legalacsonyabb, pedig 246 mg/l. A többi érték a minimum és a maximum között oszlik el. Továbbá kiszámítottam a mintavételi pontokra vonatkozó átlagos hidrogén-karbonát-ion értékeket mg/l egységben. Ezek alapján az első mintavételi ponton átlagosan 284 ± 30 mg/l-t, a második mintavételi ponton 300 ± 52mg/l-t és a harmadik mintavételi ponton pedig 278± 32mg/l értéket mértem. Látható, hogy a második mintavételi ponton volt a legmagasabb a mért mennyiség, míg a harmadik helyszínen a legalacsonyabb.

4.3.2. Biológiai oxigénigény

A minősítési vizsgálataim céljából nagyon fontos volt a vízfolyás biológiai oxigénigényének a meghatározása is. Tehát ilyen mérést is végeztem a laboratóriumi minősítem során. A biológiai oxigénigény meghatározásánál az öt napos igényt vettem figyelembe. A vizsgálat alkalmával párhuzamos méréseket végeztem. Az így kapott eredményeket az 8.ábrán szemléltetem.

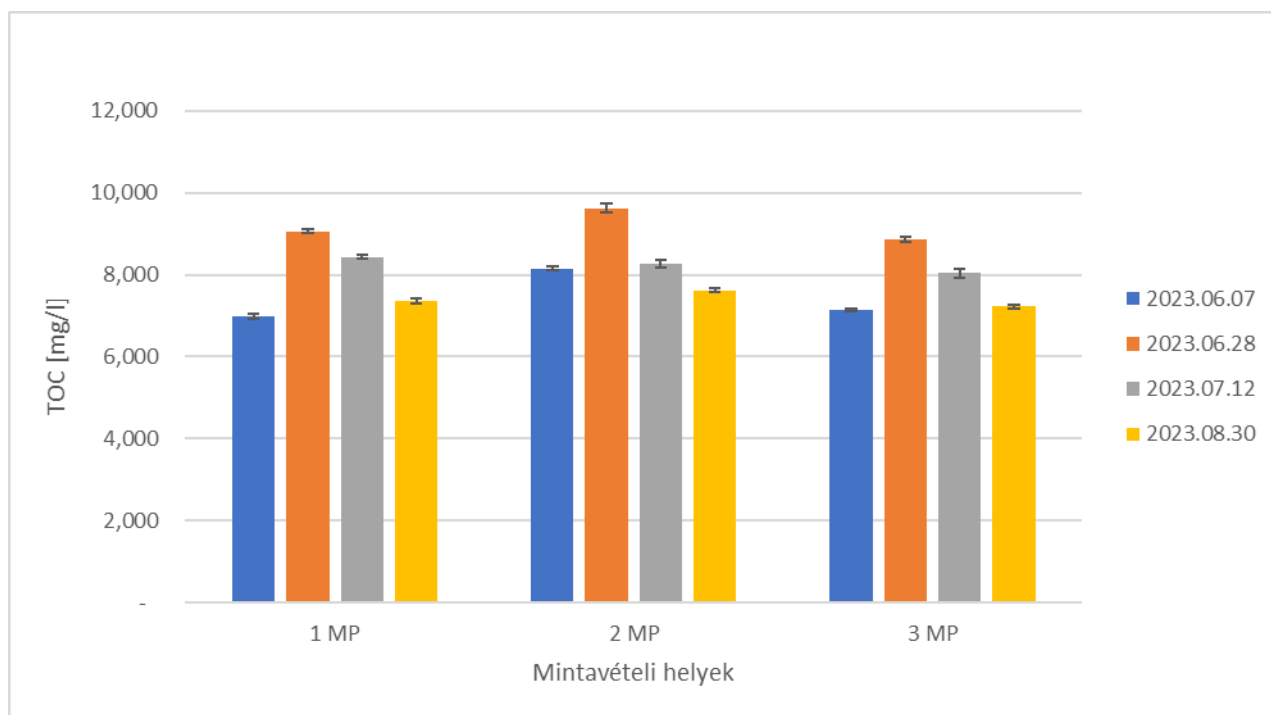


8.ábra. A mért biológiai oxigénigény bemutatása (saját adatok, saját szerkesztés)

A mért értékek átlagát, valamint szórását a mintavételi helyek („MP” rövidítés), valamint a mérési időpontok függvényében a diagramon ábrázolom. Látható, hogy a legkisebb biológiai oxigénigényt az első mintavételi ponton az első mérésem során mértem, illetve a legnagyobbat is az első mintavételi helyen, viszont az utolsó laboratóriumi mérésem során tapasztaltam. Az első és a második mintavételi ponton a biológiai oxigénigény értékek fokozatosan növekednek, míg a második mintavételi helyen szabálytalanul ingadozik. Az eredményeimet mg/l mértékegységben adtam meg, ahogy az a diagramon is látható feltüntetve. Az egyes mintavételi helyszínekre átlagterhelést számoltam. A számolásaim alapján a legterheltebb helyszín a második mintavételi pont, ahol a BOI átlagértéke 6,13 mg/l egység volt. A BOI szempontjából a legkevésbé terhelt helyszín az első mintavételi pont, itt 4,92 mg/l értéket mértem, valamint számoltam. A harmadik mintavételi ponton BOI alapján 5,13 mg/l terhelés értéket mértem.

4.3.4. TOC vizsgálat

A laboratóriumban való mérések során TOC, azaz összes szerves széntartalom meghatározást is végeztem. Az összes szerves széntartalom a mintában jelenlévő összes szerves anyagnak a mennyiségét jellemzi, ezért is nagyon fontos ennek a paraméternek a meghatározása. Egy mintából a készülék három párhuzamos mérést végzett el, és ezeknek a méréseknek az eredményét egy átlag-szórás diagramon szemléltetem a 9. ábrán.



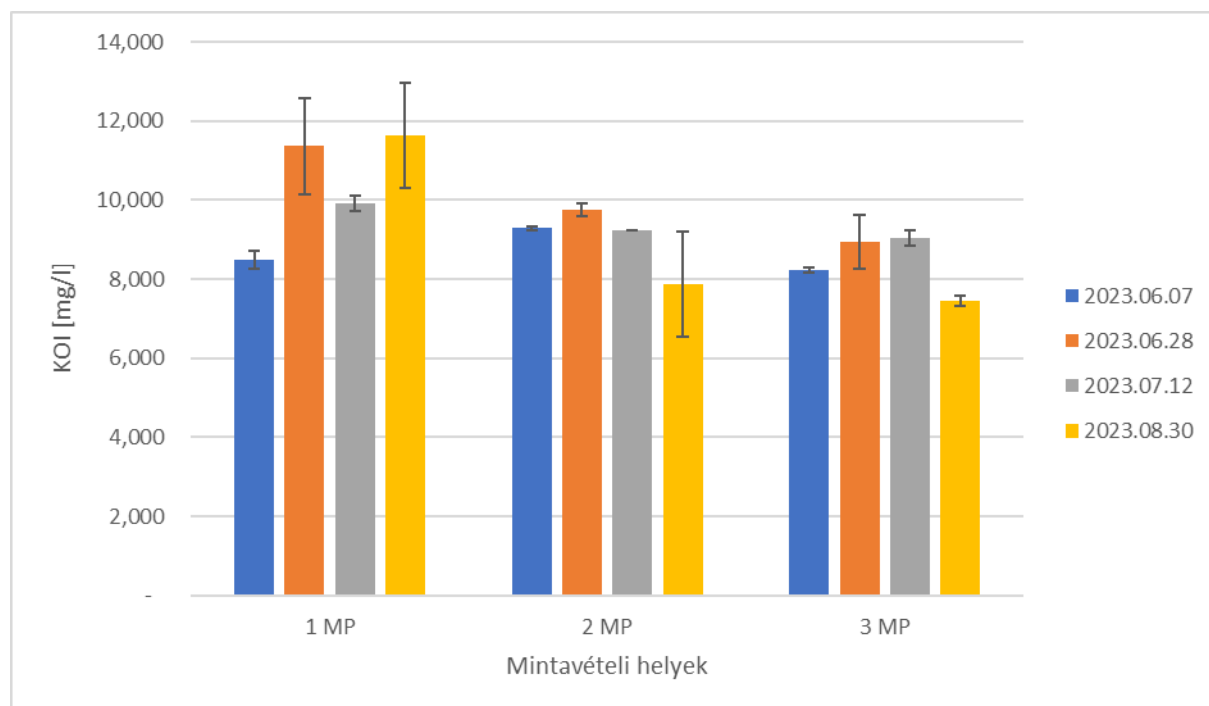
9.ábra. Az összes szerves széntartalom átlag-szórás diagram (saját adatok, saját szerkesztés)

A diagramon az átlag-szórás értékek a mintavételi hely („MP”), valamint a mérési időpontok függvényében vannak ábrázolva. Látható, hogy minden egyes mintavételi hely, valamint mérési időpont esetében a mért értékek nagyon hasonlóak voltak kis változással, valamint a szórás értékek is minimálisnak tekinthetők. Az eredmények mg/l értékben értendők. A legmagasabb értéket a második mérés esetén és a második mintavételi pontról származó minta esetén mértem, a legalacsonyabbat pedig az első mérés alkalmával az első mintavételi helyről vett mintánál. Ez a legalacsonyabb érték nagyon hasonlít szintén az első mérés eredményéből kapott, de a harmadik mintavételi pontról származó eredményhez. Azokon a helyeken, ahol alacsony TOC értéket mértem, visszatekintve a 8. ábrára a BOI értékek is alacsonyak voltak. Míg a negyedik mérés esetén mértem a legmagasabb BOI értékeket, a TOC-nál ez nem mondható el, hiszen a két ábrát összevetve látható, hogy a negyedik mérés esetén a TOC értékek a második legalacsonyabbak voltak. A legalacsonyabb TOC értéket az első mérési alkalom esetén tapasztaltam az első mintavételi ponton és összevetve a 8. ábrával hasonlóan a BOI értéke is itt volt a legalacsonyabb. A legmagasabb BOI értékem az utolsó mérési időpontban az első mintavételi pontról származó mintámnál volt, ám ez a TOC értékéről nem mondható el, hiszen a többi eredményhez viszonyítva alacsonynak tekinthető. Az összes teljes széntartalom esetében is a mintavételi pontokra

átlagterhelést számoltam, és ezek alapján kimondhatom, hogy a legkesébe terhelt helyszín a harmadik mintavételi pont 6,250 mg/l egységgel, míg a legterheltebb a második mintavételi helyszín 6,735 mg/l egységgel. Az első mintavételi helyen az átlagterhelés 6,364 mg/l volt. Látható az is az átlagterhelések értékeiből, hogy a három helyszín között nincs különösebben nagy eltérés.

4.3.5. Kémiai oxigénigény:

A minősítési vizsgálataim során kémiai oxigén igény meghatározást is végeztem a vízmintáimon. Ezt a vizsgálatot kálium-permanganátos titrálással hajtottam végre. A titrálások alkalmával párhuzamos méréseket végeztem és az eredményeimből készítettem egy átlag-szórás diagramot. Ezt a diagramot a 10. ábrán mutatom be, a mért értékek átlagát a mintavételi helyek („MP”), illetve a mérési időpontok függvényében.



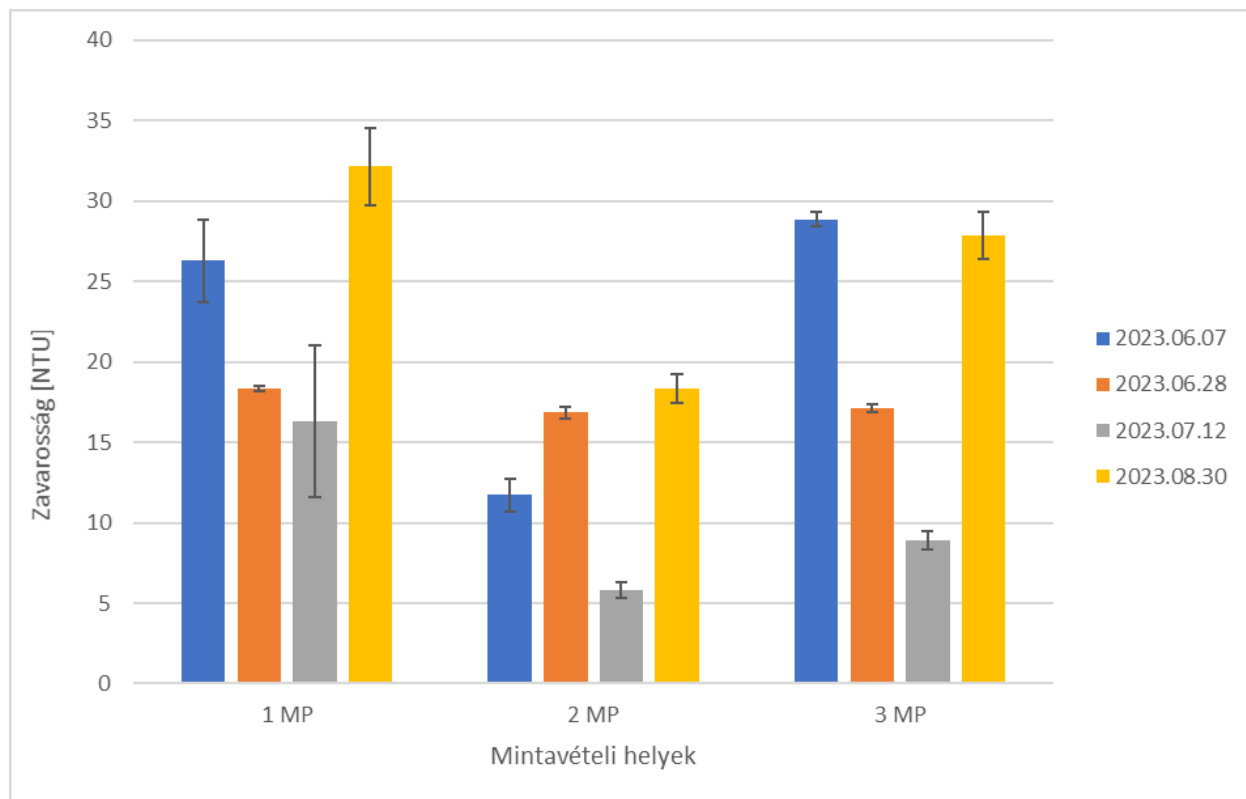
10.ábra. A mért kémiai oxigénigény értékek (saját adatok, saját szerkesztés)

A kémiai oxigénigény eredményeimet mg/l értékben adtam meg. A diagramon látható, hogy az első mintavételezési helyszínen, az első mérési időpont kivételével magasabb eredményeket kaptam, mint a másik két helyszín esetén. A harmadik helyszín mintáinál kaptam a leghasonlóbb eredményeket, és az összes mérés esetében a legalacsonyabbakat is ezen a helyen tapasztaltam. A legnagyobb szórással az utolsó mérés alkalmával dolgoztam, míg a legkisebbel az első mérésem

esetén. Fontos megjegyezni azt, hogy a kémiai oxigénigény értékeknek mindig magasabbnak kell lenniük, mint a biológiai oxigénigénynek, valamint, az összes szerves széntartalomnak. Éppen ezért gondolom azt, hogy az utolsó mérés alkalmával, a harmadik mintavételi helyről származó minta esetében mérési hibát követtem el, hiszen visszatekintve az 8. és 9. ábrára látható a diagramokon, hogy a BOI és TOC eredményem is magasabb, mint a KOI. Viszont ez akár lehet a mérőműszer eredmény kijelzése miatt is, hiszen a BOI vizsgálatnál csak egészszámokat kapunk eredményként. A diagram alapján azt mondanám, hogy az első mintavételi pont a legterheltebb a kémiai oxigénigény szempontjából, míg a harmadik mintavételi pont kevésbé terhelt. A második mintavételi helyen az első három mérési időpontban voltak a leghasonlóbb eredmények, ez alapján azt mondanám, hogy a második mérési pontban voltak a legátlagosabb, kevesebb ingadozású értékek. Továbbá számítottam átlagterhelés értéket is az egyes mintavételi pontokra nézve. A kiszámolt átlagok alapján is azt mondanám, hogy az első mintavételi helyszín a legterheltebb, hiszen itt az átlagterhelés 10,356 mg/l. Terheltség szempontjából a második helyszín következik, ahol 9,041 mg/l volt az átlagterhelés. A legkevésbé terhelt a harmadik mintavételi, úgy ahogy a diagram alapján is érzékeltem 8,420 mg/l értékkel.

4.3.3. Zavarosság mérés

Ennél a mérésnél csak a Turb-555 zavarosság mérő készülékre, egy főzőpohárra, a mintámra, egy küvettára, papírtörölkőre, valamint mikro szálal kendőre volt szükségem. A vizsgálat nem igényelt minta előkészítést. A zavarosság mértékét NTU egységben adtam meg. A kapott eredményeimet a 11. ábrán szemléltetem.



11.ábra. A zavarosság mérésém során kapott eredmények (saját adatok, saját szerkesztés)

A 11. ábrán a mintavételi helyeket „MP” rövidítéssel adtam meg. A vizsgálat során párhuzamos méréseket végeztem. Az eredmények átlagát és szórását a mintavételi helyek, valamint vizsgálati időpontok függvényében tüntettem fel a diagramon. A zavarosság értékek szabálytalanul ingadoznak, mind a helyszínek, mind pedig a mérési időpontok függvényében. A leghasonlóbb értékeket a második mintavételi időpont utáni laboratóriumi mérés során tapasztaltam. Itt a mért értékek annyira hasonlóak voltak, hogy a második és harmadik mintavételi helyen szinte azonosak. A legalacsonyabb zavarosság értékeket a harmadik mérési időpontban mértem, és a helyszínek terén pedig a második mintavételi helyről származó mintámnál. A legmagasabb zavarosság értékeket a negyedik mérési alkalom során határoztam meg, ezek közül pedig az első mintavételi helyről származó mintánál volt az eredmény a legmagasabb. Továbbá magas értékeket határoztam még meg az első mérési alkalom során, kikéve a második mintavételi pontnál vett mintánál nem. Visszatekintve a 6. ábrára látható, hogy első mintavétel előtt viszonylag alacsony, 140 cm alatti volt a vízállás. A második mintavétel előtt kicsit megugrott a vízállás, feltételezhetően eső miatt. A harmadik mintavételi időpont után a vízállás ismét alacsony volt, hasonló, mint az első időpontnál. A diagrammal összevetve a második alkalomkor, amikor is magasabb volt a vízállás a

zavarosság értékekre hasonló eredményeket kaptam, valamint nem is volt olyan magas a zavarossága. Továbbá az egyes mintavételi pontokra a négy vizsgálati eredmény átlagából átlagterhelést számoltam és sorrendet állítottam fel az adatokból. A számolás alapján zavarosságra nézve a legterheltebb hely az első mintavételi pont 18,61 NTU egységgel. A második legterheltebb mintavételi helyszín a három közül a harmadik pont 16,54 NTU egységgel. Az átlagok alapján zavarosság tekintetében a legkevésbé terhelt a második mintavételi pont bizonyul, itt az átlag terhelés 10,54 NTU volt.

4.3.6. Ionkromatográfiás vizsgálat

Az ionkromatográfiás készülékkel a vízmintáimban lévő ionok, azaz az egyes anionok, valamint kationok mennyiségét határoztam meg. A mért eredményeket mg/l mértékegységben adtam meg. A 10. és 11. táblázatban mutatom be a meghatározott kationokat, valamint anionokat és mennyiségeiket. Mind a két táblázat esetében az anionok és kationok a mérési időpont, illetve a mintavételi helyszín szempontjából vannak csoportosítva.

10.táblázat. A meghatározott anionok és mennyiségeik (saját adatok, saját szerkesztés)

		Anionok [mg/l]					
		F^-	Cl^-	Br^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
2023.06.07.	<i>1.MP</i>	0,148	117,3246	0,2496	2,5505	0,2089	40,0612
	<i>2.MP</i>	0,1701	160,3858	0,3456	1,8158	0,8045	61,516
	<i>3.MP</i>	0,1644	120,3539	0,2292	2,3944	0,1812	44,5226
2023.06.28.	<i>1.MP</i>	0,1577	105,1386	0,1765	1,9202	0,7318	31,8069
	<i>2.MP</i>	0,1646	111,8838	0,1792	1,8806	0,6712	30,8124
	<i>3.MP</i>	0,1552	117,5821	0,2194	2,2374	0,5973	35,7807
2023.07.12	<i>1.MP</i>	0,1491	118,6818	0,3446	3,6832	-	39,3028
	<i>2.MP</i>	0,1515	118,3726	0,3256	2,7115	-	38,2505
	<i>3.MP</i>	0,1293	120,3336	0,2594	2,8782	-	37,019
2023.08.30.	<i>1.MP</i>	0,1216	97,9693	0,1413	1,7766	0,6611	28,6
	<i>2.MP</i>	0,095	121,4531	0,1858	1,533	-	26,6096
	<i>3.MP</i>	0,1035	118,5075	0,1359	1,3582	-	27,0405

A táblázatban nem jelöltem a nitrit-ion értékeket hiszen a mennyisége a kimutatási határ alatt volt minden mérés esetében. Olyan kis mennyiségeket tartalmazott az adott minta, hogy a készülék, valamint az alkalmazott módszer nem tudott meghatározott eredménnyel szolgálni. A foszfát-ion esetében a harmadik mérési alkalommal, volt a foszfát-ion mennyisége a kimutatási határ alatt, míg a negyedeik alkalommal a második és harmadik mintavételi hely mintái nem tartalmaztak kimutatható mennyiséget. Excel táblázat segítségével átlagoltam az anion csoportok mennyiségét és ezek az átlagok alapján felállítottam egy ionsort az első mintavételi ponton mért adatokból, amely így néz ki: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{F}^-$. A sor elején a klorid-ion szerepel, mivel átlagosan a vizsgált ponton a vizsgált időpontban a legnagyobb mennyiséget tartalmazta a víz. A sor legvégén a fluorid-ion, hiszen, ha a nitrit-iont nem vesszük bele a sorba a vízminta fluorid-ion tartalma volt a legkisebb a vizsgált ionok között. A második és harmadik mintavételi helyszínek esetében az anionsor megegyezik az első mintavételi helyszínnel, ezért ezeket külön nem írtam le.

11.táblázat. A meghatározott kationok és mennyiségeik. (saját adatok, saját szerkesztés)

	Kationok [mg/l]				
		Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
2023.06.07.	<i>1.MP</i>	88,9613	6,6394	13,6778	43,5738
	<i>2.MP</i>	145,4589	6,6396	15,0208	51,0807
	<i>3.MP</i>	90,9132	6,548	14,5846	55,0522
2023.06.28.	<i>1.MP</i>	82,9449	5,9646	10,7737	41,3889
	<i>2.MP</i>	88,1038	5,3479	11,3996	44,3991
	<i>3.MP</i>	91,1969	6,8373	12,0166	47,0963
2023.07.12.	<i>1.MP</i>	115,7378	8,6068	15,5553	57,4141
	<i>2.MP</i>	115,0028	8,5207	15,6029	56,3963
	<i>3.MP</i>	114,157	8,3637	15,3439	57,2951
2023.08.30.	<i>1.MP</i>	86,2788	6,514	11,5322	56,3303
	<i>2.MP</i>	84,7585	6,256	11,3898	43,4998
	<i>3.MP</i>	80,0694	6,5377	11,5683	46,5105

A kationok esetében az ammónium-ion egyetlen mintavételi hely és mérési időpontban sem tartalmazott kimutatható eredményt, tehát a minták ammónium-ion tartalma vagy nincs vagy pedig olyan csekély, hogy az alkalmazott módszer, illetve készülék nem tudta kimutatni a mennyiségüket. Hasonlóan az anionionokhoz, a kationoknál is számoltam az egyes komponenseknek az átlagát, és ez alapján egy ionsort állítottam fel, amely a következőképpen néz ki: $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Mind a három mintavételi pont ionsora így néz ki, mint a fentebb leírt, a mérések és számítások alapján, így külön nem írtam le háromszor ugyanazt az ionsort a három mintavételi pontra. A legkevesebb mennyiséget a vizsgált időszakban a vizsgált víztest a kálium-ionból tartalmazta, míg a legtöbbet a sor elején található nátrium-ionból. Az átlag számításból kiderült az is, hogy a kalcium-ion majdnem négyszer annyi mennyiségben volt jelen, mint a magnézium-ion. Az ammónium-iont nem vettem bele az ionsorba hiszen mérhető ammónium-ion mennyiséget nem tartalmazott vizsgált víz.

A kapott ionkromatográfias adatokból összes foszfor és összes nitrogén tartalmat számoltam az egyes vízmintáknak, ezeket az eredményeket a 12. táblázatban foglaltam össze. A táblázatban szereplő értékeket aránypárral számoltam ki, az összes nitrogén esetében a nitrogén és a nitrát-ion moláristömegének, illetve a nitrát-ion meghatározott mennyiségének a segítségével. Az összes foszfor tartalom számításához, pedig a foszfor és foszfát-ion moláristömegét és a meghatározott foszfát-ion mennyiségét használtam.

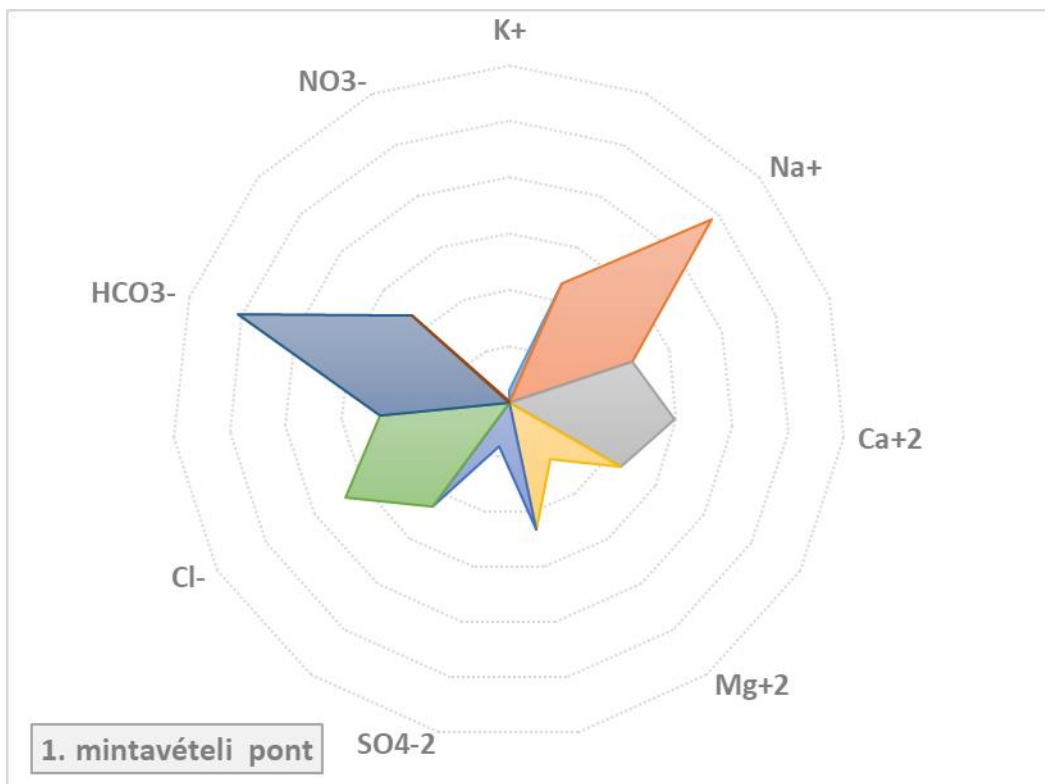
12.táblázat. A mintákban található összes nitrogén és összes foszfor tartalom.(saját adatok, saját szerkesztés)

		Összes nitrogén tartalom[mg/l]	Összes foszfor tartalom[mg/l]
2023.06.07.	<i>1.MP</i>	0,5762	0,0681
	<i>2.MP</i>	0,4102	0,2623
	<i>3.MP</i>	0,5410	0,0591
2023.06.28.	<i>1.MP</i>	0,4338	0,2386
	<i>2.MP</i>	0,4249	0,2189
	<i>3.MP</i>	0,5055	0,1948
2023.07.12.	<i>1.MP</i>	0,8321	-
	<i>2.MP</i>	0,6126	-

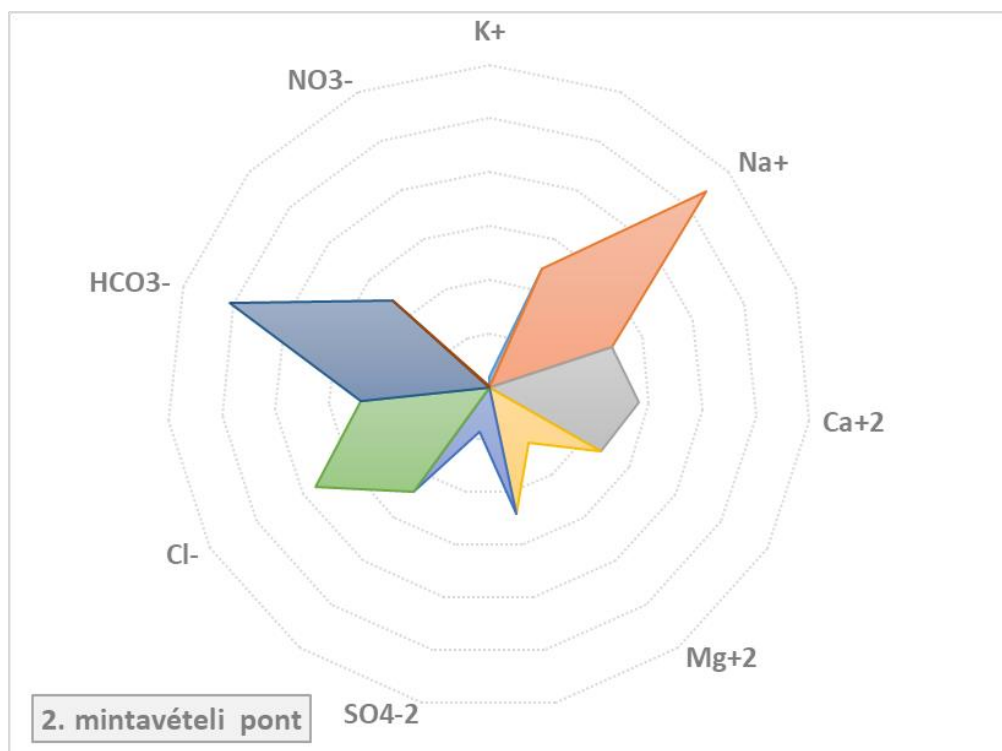
	3.MP	0,6503	-
2023.08.30.	1.MP	0,4014	0,2156
	2.MP	0,3464	-
	3.MP	0,3069	-

Ahogy a fenti táblázatoknál is, így a 12. táblázatnál is mintavételi pontokra, valamint mérési időpontokra lebontva mutatom be az eredményeimet. Mivel az ammónium-, illetve nitrit-ion mennyisége a kimutatási határ alatt volt ezért összes nitrogén tartalmat csak a nitrát-ion mennyiségéből tudtam számolni, melyek a fenti táblázatban láthatók. Összes foszfor tartalmat a minták foszfát-ion tartalmából számoltam. Az első két mérés alkalmával sikerült mérhető mennyiséget meghatároznom, ezért az összes foszfor számolása is sikeres volt. A harmadik mérés esetén nem volt egyik mintában sem kimutatható anyagmennyiség, valamint a negyedeik alkalomnál csak az első mintavételi pontról származó mintából tudtam foszfát-ion mennyiséget mérni. Tehát öt mintámnál hiányzik az összes foszfor mennyisége, így ezeket a táblázatban kihúzással jelöltem. Az első mérési előtti, mintavételi időpontban viszonylag alacsony volt a vízállás, míg a második mintavétel előtti napokban egy enyhébb megugrást lehetett érzékelni a vízállásban a csapadékos időjárás miatt. A harmadik mintavétel utáni napon a vízállás ismét alacsonyabb volt, csak pár centiméterrel haladta meg az első mintavételkor mért értéket. Összes nitrogén és összes foszfor tekintetében is határoztam meg az egyes mintavételi pontokra átlagterhelés értékeket. Az összes nitrogén esetében az első helyszín bizonyult a legterheltebbnek, hiszen itt 0,5609 mg/l volt a terhelés. A harmadik mintavételi helyen 0,5009 mg/l átlagterhelést mértem, míg a legkevesebb értéket 0,4485 mg/l-t a második mintavételi helyen. Az összes foszfor esetében a legkevesbé terhelt helyszín a harmadik mintavételi hely volt, ahol 0,1270 mg/l értéket mértem. A legterheltebb a második mintavételi helyszín bizonyult, itt 0,2406 mg/l mennyiséget mértem

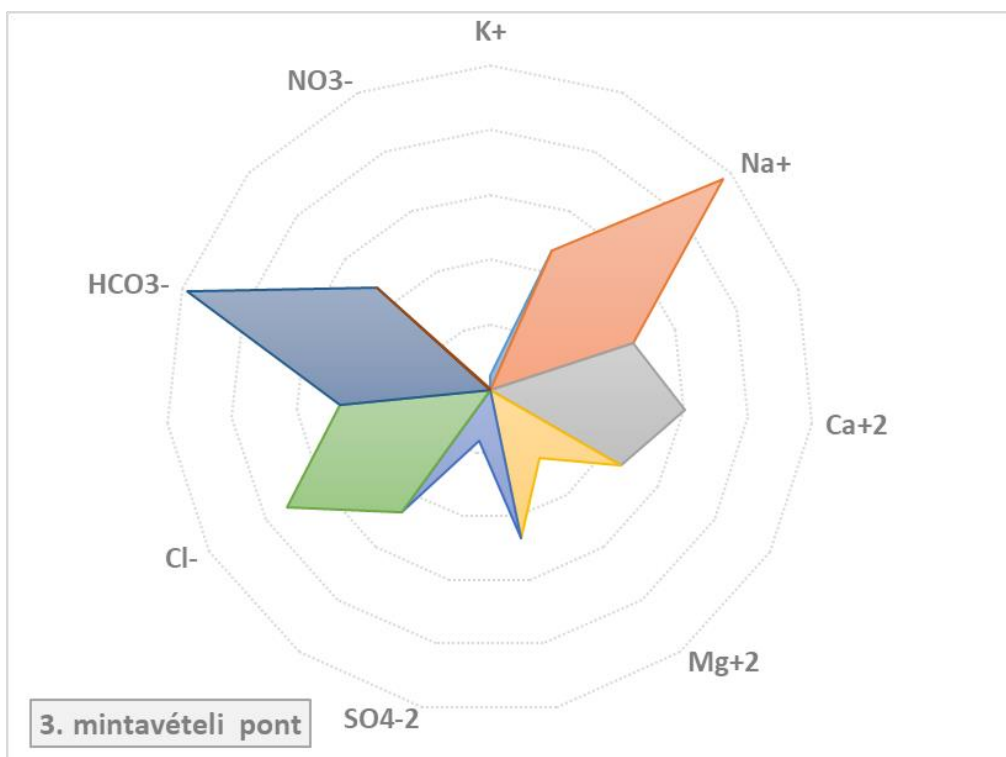
A mintavételi pontokon mért ionok iondominanciáját a Maucha-csillag diagram segítségével ábrázoltam. Az első mintavételi pont iondominanciáját a 12. ábrán, a második mintavételi pontét a 13. ábrán és a harmadik mintavételi helyről származó minták iondominanciáját a 14. ábrán mutatom be.



12.ábra Az első mintavételi ponton számolt iondominancia (saját adatok, saját szerkesztés)



13.ábra A második mintavételi ponton számolt iondominancia (saját adatok, saját szerkesztés)



14.ábra A harmadik mintavételi ponton számolt iondominancia (saját adatok, saját szerkesztés)

A három ábrát összehasonlítva látható, hogy közel azonosak. A három mintavételi pontokról származó minták esetében látható, hogy a legdominánsabb ion a nátrium-, illetve a hidrogén-karbonát-ion volt. A 13. és 14. ábrán a nátrium-ionon látszik, hogy talán a minták többet tartalmaznak belőle. A 12. ábrán a nátrium-ion és hidrogén-karbonát-ion mennyisége nagyon hasonló. A legkevesebbet a minták talán a magnézium- és szulfát-ionból tartalmaztak. Összehasonlítva a kationokhoz felírt ionsorra azt a megállapítást tehetem, hogy megfelelő az ionsor, amit felírtam, mivel a diagram ugyanolyan arányban ábrázolja a kationokat. A csillag diagram lényegesen kevesebb aniont ábrázol, mint amennyit mértem ionkromatográfiás vizsgálattal, de ez alapján azt mondhatom, hogy az anionsor, amit fentebb leírtam is megfelel a diagramnak. Továbbá a diagram tartalmaz egy plusz aniont, a hidrogén-karbonát-iont, amely a számolások alapján, valamint a diagramon is láthatóan a legnagyobb mennyiségben jelenlévő anion, illetve ion a mintákban.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A kutatómunkám fő célja, hogy megállapítsam, hogy a Hortobágy –Berettyó ezen szakasza megfelel-e az Európai Unió előírásoknak, ezért ebben a fejezetben szeretném bemutatni a méréseim végeredményét, valamint összehasonlítani őket a jogszabályi, illetve a Vízyűjtő-Gazdálkodási Terv (továbbá: VGT) szerint előírt határértékekkel. A vizsgált víztest típusa a VGT besorolása szerint 7-es típusú „síkvidéki – kis esésű – meszes – közepes-finom mederanyagú – nagy vízyűjtőnek” azonosítottam. A minősítésemet „a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet 2. melléklete” szerint is elvégeztem [12], amelyet az egyes mintavételi pontokra nézve hasonlítottam össze, a négy időpont átlagát véve. Ezt a 13. táblázatban mutatom be. A jogszabály és a vízyűjtőgazdálkodási terv szerint a víztestet síkvidéki közepes és nagy folyónak minősítettem.

13. táblázat: A mért eredmények jogszabályi határértékek szerinti összehasonlítása.

Fizikai-kémiai jellemzők	Síkvidéki közepes és nagy folyók	1.MP	2.MP	3.MP
pH	6,5-9	7,37	7,41	7,38
Vezetőképesség (µS/cm)	<900	767,25	813,5	767
Klorid (mg/l)	<60	109,78	128,02	119,19
Oxigéntelítettség (%)	70-120	20,1	20,30	18,20
Oldott oxigén (mg/l)	>7	1,55	1,69	1,48
BOI₅ (mg/l)	<4	4,92	6,13	5,13
KOI-Cr (mg/l)*	<25	10,36	9,04	8,42
NH₄ – N (mg/l)	<0,4	-	-	-
NO₂ – N (mg/l)	<0,06	-	-	-
NO₃ – N (mg/l)	<2	0,56	0,45	0,50
Összes N (mg/l)	<3	0,56	0,45	0,50
PO₄-P (mg/m³)	<120	174,1	240,6	127,0
Összes P (mg/m³)	<250	174,1	240,6	127,0

Megjegyzés: *A KOI esetében a permanganátos módszerrel történt KOI értékeket használtam a minősítés során.

A táblázatban a határértékekkel összehasonlítható, hogy mely paraméterek felelnek meg a jogszabályban előírtaknak és melyek azok a paraméterek, amelyek nem. Elmondhatom az összehasonlítás alapján, hogy az $\text{NO}_2 - \text{N}$ tartalom, illetve az ezzel egyenértékű összes nitrogén tartalom mind a három mérési pontban a határérték alatt szerepel. Ugyanígy az összes foszfor mennyi sem lépi túl a határértéket, sőt a második mintavételi helyszín kivételével a mért értékek bőven a határérték alatt szerepelnek. Az összes foszforral egyenértékű $\text{PO}_4 - \text{P}$ mennyiségek, viszont jelentősen meghaladják az előírtat, hiszen ennél a paraméternél szignifikánsan alacsonyabb határérték szerepel a jogszabályban, mint az összes foszfor esetén.

A helyszínen meghatározandó paraméterek közül, mint a vezetőképesség, pH, oldott oxigén értéke mg/l egységben és telítettségi százalékban, a fajlagos vezetőképesség és a pH esetén mért értékeket megfelelőnek mondanám, hiszen a táblázatból látszik, hogy az eredményeim a meg sem közelítik a táblázatban látható határértéket. Az oldott oxigén mennyisége viszont mind a két mértékegységben kifejezve (telítettségi százalék, mg/l) is túlságosan alacsony.

A táblázatban megfigyelhető az is, hogy a klorid-ion mennyisége mind a három mérési pont esetében körülbelül a határérték duplájának felel meg. Ezért mindenképpen szükséges lenne valamilyen klórmentesítés vagy klórtalanítási eljárás alkalmazása a víztest esetében.

A jogszabály a határértéket a kémiai oxigénigény esetében kromátos kémiai oxigénigényre írja elő, én viszont a minősítem során permanganátos vizsgálatot végeztem. A jogszabály szerint a KOI mennyiségének 25 mg/l érték alatt kell lennie, mind a három mintavételi pontomban megfelelő kémiai oxigénigény értékeket mértem. Az öt napos biológiai oxigénigénynek viszont 4 mg/l alatt kellene lennie, de a mért értékeim ezt a határértéket meghaladják. Az első mérési ponton csak minimálisan, a második mérési pontban 6,13 mg/l értéket, míg a harmadik mérési pontban pedig 5,13 mg/l-t mértem.

A VGT határértékei szerint is elvégeztem egy összehasonlítást. Ennek eredményét a 15. ábrán mutatom be.

Minősítés komponensenként			Átlagolt adatok				Minősítés			
komponens neve		dimenzió	1.MP	2.MP	3.MP	-	1.MP	2.MP	3.MP	-
Savasodási állapot	pH	(-log[+])	7,37	7,41	7,38		2	3	2	
Sótartalom	fajlagos elektromos vezetőképesség	(μS/cm)	767,3	813,5	767		4	4	4	
Oxigén háztartás, szerves anyagok	KOICr	(mg/L)	10,36	9,04	8,42					
	BOI5	(mg/L)	4,92	6,13	5,13		4	3	3	
	TOC	(mg/L)	7,96	8,42	7,81		5	5	5	
	Ammónium-N (NH4-N)	(mg/L)					5	5	5	
Tápanyag kínálat	Nitrit-N (NO2-N)	(mg/L)								
	Nitrát-N(NO3-N)	(mg/L)	0,56	0,45	0,5		3	3	3	
	Összes-N	(mg/L)	0,56	0,45	0,5					
	Oldott ortofoszfát (PO4-P)	(mg/L)	0,17	0,24	0,13		2	2	3	
	Összes-P	(mg/L)	0,17	0,24	0,13					
Minősítés komponens csoportonként			Átlag				Minősítés			
Komponens csoport neve			1.MP	2.MP	3.MP	-	1.MP	2.MP	3.MP	-
Savasodási állapot			2,00	3,00	2,00		gyenge	közepes	gyenge	
Sótartalom			4,00	4,00	4,00					
Oxigén háztartás,szerves anyagok			4,67	4,33	4,33					
Tápanyag kínálat			2,50	2,50	3,00					
Osztályminimum:			2,00	2,50	2,00					
Összesített fizikai-kémiai elemek szerinti állapot – az egy rossz, mind rossz elv szerint – gyenge .										
Minősítés: A vizsgált víztest nem éri el a jó állapotot										

15.ábra. A mért értékek összehasonlítása a VGT határértékeivel

A 12. ábrán a mért eredményeim átlagát írtam be egy excel programba, ahol a 7-es típusú víztest VGT szerinti határértékeivel hasonlítottam össze. Az eredményként azt a megállapítást kaptam, hogy a vizsgált víztest nem éri el a jó állapotot, hiszen az első és a harmadik mintavételi pontban is gyenge minőségű volt a víz, a második pontban pedig közepes minőségű. A fizikai-kémiai vizsgálatok, valamint azok eredményei alapján a vizsgált víztest gyenge állapotúnak minősíthető.

Javaslatként szeretném felhívni a figyelmet a víztest oldott oxigéntartalmának állapotára, amit véleményem szerint oxigénpótlással célszerű lenne javítani. Továbbá kritikus érték még a klorid-ion tartalma is, amit szintén érdemes lenne eltávolítani.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A TDK dolgozatom elkészítése során egy általam választott víztest minősítését végeztem el jogszabályi, illetve a Vízyűjtő-Gazdálkodási Terv által meghatározott határértékek alapján. A választásom a lakóhelyem közelében fekvő Hortobágy-Berettyóra esett, amely víztest főleg mezőgazdasági területekkel van körülvéve. A kutatásom során fizikai és kémiai vizsgálatokat egyaránt végeztem a vizsgált víztesten, valamint egy nyári átfogó monitoring vizsgálatot tűztem ki célul.

A TDK dolgozatom irodalmi áttekintés részében összefoglaltam a vízfolyások kialakulását, a vízfolyások szennyezésének folyamatát, továbbá a veszélyeztető tényezőiket és a vízminősítés általános folyamatát. További fejezeteimben bemutattam a tervezési alegységet, az emberi tevékenységből származó diffúz, illetve pontszerű szennyezőforrásokat, a mintavételi pontjaimat, a mintavételek módját és a mintavételi időpontokat. Kifejtettem milyen paramétereket határoztam meg a helyszíni vizsgálatok során és a laboratóriumi vizsgálataim menetét, amelyeket a Debreceni Egyetem Műszaki Karának Vízminőségvédelmi laboratóriumában végeztem el, valamint, hogy ezen paraméterek meghatározása miért fontos egy vízminősítési elemzés során. Az „Eredmények és értékelésük” című fejezetben részletesen jellemeztem a kapott eredményeimet és szemléltettem azokat grafikusan diagram formájában, illetve táblázatokon keresztül. Ezt követően kiértékeltem a mért eredményeimet, tehát összehasonlítottam őket a jogszabályi és a Vízyűjtő-Gazdálkodási Tervben található határértékekkel. Ezek alapján megállapítottam, hogy a víztest nem éri el a Víz Keretirányelvben meghatározott jó állapotot, inkább gyenge minőségűnek mondható. Az eredményeimet a jogszabályi határértékekkel is összehasonlítva azt mondhatom, hogy több paraméter nem felel meg az előírásoknak. Kritikusak ezek körül a klorid-ion túllépése, valamint az oldott oxigén nem megfelelése. Továbbá javaslatokat tettem, hogy hogyan lehetne javítani a víztest állapotán.

További célom pedig ezzel a kutatással együtt a laboratóriumban való jártassággal elsajátítása, a kémiai minősítés elvégzése során alkalmazott vizsgálatok megtanulása, eszközök és készülékek használatának begyakorlása, a mintavételi mód és helyesség megismerése, valamint a VKI áttanulmányozása volt. A mérőbőrönd használatával, sikerült elsajátítanom az elektródák megfelelő használatát, valamint a készülék kalibrációjának lépéseit, megtanulnom a bőrönd használatát. A helyszíni vizsgálatokhoz tartozóan pedig megtapasztalhattam még a szakszerű

mintavételi eljárást is (hogyan és honnan veszünk mintát?). Laboratóriumi vizsgálataim során megtanulhattam a különböző laboratóriumi eszközök helyes használatát és a vízminőség legfontosabb mérési módszereinek helyes menetét, precíz elvégzését. Megtapasztalhattam milyen egy saját monitoring által kapott eredmények összehasonlítása a határértékekkel.

Jövőbeni célomként a választott víztest monitorozását szeretném kibővíteni egy őszi, téli és tavaszi időszakra. Tehát egy teljes évre vonatkozó monitoring, illetve minősítési vizsgálatot tűztem ki célul, mint későbbi szakdolgozatom témája. További céljaim között szerepel még egy ökológiai minőség elvégzése is a vizsgált víztesten.

7. IRODALOM JEGYZÉK

- [1] Báldi András, Engloner Attila, Vörös Lajos - A vízi ökoszisztémák jelentősége a társadalom számára, Magyar Tudomány – 178. évf. 10. sz. (2017. október),
http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1206-1215.pdf?fbclid=IwAR39BFnNAoe4UzDPnL-cML-6CB6YgNPEmNKXWDtDPi81hO6Tn316hiVIfZI
- [2] Szabolcsik Andrea – Szakdolgozat, A Hernád-folyó Gibárti szakaszának vízminőség vizsgálata, Debrecen 2011., letöltés dátuma: 2023. augusztus 8.
- [3] Vízyűjtő-Gazdálkodási Terv: A Víz Keretirányelv hazai megvalósítása, 2-17 Hortobágy-Berettyó, 2010 április, www.vizeink.hu, letöltés dátuma: 2023. június 25.
- [4] Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet 1. kötet, Környezetföldtan, 3. javított kiadás – 2011, Első kiadás: 2008, Veszprém, https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/01-Kornyezetfoldtan.pdf?fbclid=IwAR0kgv9OJquoIDnJkCzx99lbGRbyDYFPqQvvZ_NShhqV5phkkrIjtZZrxW0
- [5] Rácz László István - Magyarország felszíni és felszín alatti vizeinek minősége, védelme, IX. Évfolyam 2. szám - 2014. június,
http://hadmernok.hu/142_24_raczli.pdf?fbclid=IwAR3x15woz0ILo_8Y2ept4jtUKwQ1V1PxfwrDc7sAZdo5XR854rH5zM5dBIA
- [6] Lévai Tibor: Analitika I. (Környezetvédelmi Minisztérium, 1999)
- [7] Truzsi Alexandra – Szakdolgozat, Felszíni víz állapotértékelése és monitoringja a Hortobágy-Berettyó főcsatorna példáján keresztül, Debrecen 2015., letöltés dátuma: 2023. október. 25.
- [8] Thyll Szilárd: Vízszennyezés, vízminőségvédelem. DATE, Debrecen, 1998.
- [9] Felföldy Lajos: A biológiai vízminősítés. Vízügyi hidrobiológia 16. kötet, Országos Vízügyi Hivatal, Budapest 1978.
- [10] Dr. Percsich Kálmán: Bevezetés az vízanalitikába, SZIE MKK Központi Laboratórium, 2005.

[11] Pásztó Péter: Vízminőségvédelem, vízminőség-szabályozás, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1998.

[12]<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1000010.VM&searchUrl=/gyorskereso?keyword%3D10/2010.%2520%28VIII.%252018.%29%2520VM>

[13] Dr. Bodnár Ildikó főiskolai tanár – Oktatási segédlet a Vízgazdálkodás- és vízminőség védelem (Szennyvíztisztítás) c. tantárgy laboratóriumi gyakorlatához nappali tagozatos környezetmérnök szakos hallgatók számára, DE-MK Környezetmérnöki Tanszék 2023., letöltés dátuma: 2023. június 6.

[14] Dr. Bodnár Ildikó főiskolai tanár – Laboratóriumi oktatási segédlet a Környezetmérnöki mérés technika, monitoring I. (MK3KMM1K04KX17) tantárgyhoz kapcsolódó laboratóriumi gyakorlat feladataihoz Nappali tagozatos környezetmérnök (BSc) szakos hallgatók számára, DE-MK, Környezetmérnöki Tanszék 2023., letöltés dátuma: 2023.09.30.

[15] Dr. Bodnár Ildikó főiskolai tanár – Oktatási segédlet a Környezetmérnöki mérés technika, monitoring II. c. tantárgyhoz kapcsolódó laboratóriumi gyakorlat feladataihoz Nappali és levelező tagozatos környezetmérnök (BSc) szakos hallgatók számára, DE-MK, Környezetmérnöki Tanszék 2004-2023., letöltés dátuma: 2023. 10. 08.

[16] MSZ 448-11:1986 magyar szabvány az Ivóvízvizsgálat. Lúgosság meghatározása titrálással, a hidrogénkarbonátion-, a karbonátion- és a hidroxidion-tartalom kiszámítása