

# **SZAKDOLGOZAT**

*Cseke Tamara - Szakdolgozat*

**Cseke Tamara**

**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

**Biomérnöki alapképzési szak**

**BALATONI ISZAPBÓL KINYERT CSURGALÉKVÍZ TISZTÍTÁSÁNAK  
TECHNOLÓGIAI MODELLEZÉSE, VALAMINT FELHASZNÁLÁSÁNAK  
VIZSGÁLATA**

**Belső konzulens:** Dr. Csighy Attila

Egyetemi tanársegéd

Dr. Koris András

Egyetemi tanár

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:**

Élelmiszertudományi és  
Technológiai Intézet,  
Élelmiszeripari Műveletek és  
Folyamattervezés Tanszék

**Készítette:**

**Cseke Tamara**

**Budapest**

**2023**

# TARTALOM

1. BEVEZETÉS.....	3
2. A MUNKA CÉLJA.....	4
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
3.1. Globális vízhiány.....	5
3.2. Felszíni vizek.....	6
3.3. Balaton.....	6
3.3.1. Algavirágzás jelensége.....	7
3.3.2. Mederkotrás.....	9
3.3.3. Üledék jellemzői.....	9
3.4. Csurgalékvíz.....	9
3.5. Szennyvízkezelés.....	12
3.6. Membránszűrés.....	13
3.6.1. Nanoszűrés (NF).....	15
3.6.2. Ultraszűrés (UF).....	15
3.7. SuperPro Designer®.....	16
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	17
4.1. Vizsgált anyagok.....	17
4.2. Felhasznált vegyszerek.....	17
4.2.1. A membránszűrő berendezések mosásához készített oldatok.....	17
4.2.2. A membránszűrő rendszer fertőtlenítéséhez alkalmazott vegyszerek.....	17
4.3. Módszerek.....	17
4.3.1. Membránszűrés (UF-NF).....	17
4.3.2. Lebegőanyag tartalom meghatározás.....	21
4.3.3. Mintavétel és ivóvízvizsgálat.....	22
4.3.4. Technológiai folyamat modellezés (SuperPro Designer®).....	22
5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	25
5.1. Ultraszűrés (UF).....	25
5.2. Nanoszűrés (NF).....	28
5.3. Lebegőanyagtartalom meghatározás.....	31
5.4. Vízminta vizsgálat.....	32
5.4.1. Bakteriológiai vizsgálat.....	32

5.4.2. Kémiai vizsgálat.....	33
5.5. SuperPro Designer ® folyamattervezés.....	35
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	37
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	38
IRODALMI HIVATKOZÁSOK.....	39
ÁBRA JEGYZÉK.....	43
TÁBLÁZAT JEGYZÉK.....	43
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	44
MELLÉKLETEK.....	45
1.Számú melléklet: 2023/04691 számú minta – csurgalékvíz (betáp) vizsgálati jegyzőkönyv .....	45
2.Számú melléklet: 2023/04692 számú minta – permeátum (szűrlet) vizsgálati jegyzőkönyv .....	47

# 1. BEVEZETÉS

Napjainkban rengeteg törekvés van a környezetünk védelme, valamint természeti kincseink megóvása érdekében. Azonban a népességnövekedés, az egyre nagyobb léptékben történő mezőgazdasági termelés és a klímaváltozás negatív hatásai globálisan is megmutatkoznak. Az éghajlat felmelegedése és a megnövekedett tápanyagterhelés szinergikus hatása hazánkban a felszíni vizeink esetében az elmúlt években az algavirágzás nagy mértékű terjedésért volt felelős. (Istvánovics V. és munkatársai, 2022)

Közép-Európa legnagyobb édesvízi tava, a Balaton kiemelt figyelmet kapott az elmúlt években, nem csak turisztikai szempontból, hanem fokozatosan romló állapota miatt. 2019-ben olyan mértékű algavirágzás volt megfigyelhető a tó vízfelszínén, mely azonnali beavatkozást igényelt. A tó elmocsarasodásának elkerülése érdekében időszakosan mederkotrást végeznek, ugyanis az üledékben feldúsult foszfor és nitrogén hozzájárul az eutrofizációhoz és a cianobaktériumok elszaporodásához.

A mederkotrások során kigyűjtött iszap, Balatongyörökön kerül elhelyezésre zagykazettákban, azonban az iszap feldolgozatlan formában hatalmas környezetterhelést jelent. Az iszap ülepedése során melléktermékként keletkező víz fázis, más néven csurgalékvíz további kezelést igényel.

Az üledék kotrása és deponálása azonban önmagában nem elegendő a tó vízminőségének javítására, valamint új problémák merülnek fel ennek következtében, mint például a vízszint csökkenés, a zagykazettákban tárolt iszap okozta környezetterhelés és a tározók kapacitása is korlátozott. Ezáltal szükségessé válik egy olyan technológia kifejlesztése mely lehetőséget ad az iszap, valamint a keletkező csurgalékvíz felhasználására, a fenntartható vízgazdálkodás megvalósítása mellett.

Az iszap, valamint a csurgalékvíz kezelése nem csak környezeti és gazdasági szempontból lehet jelentős, hanem az agrárszektorban is sokrétű felhasználási lehetőségeket rejthetnek magukban, ugyanis a mezőgazdaságban egyre több problémát okoznak az aszályos időszakok, a globális vízhiány és a talaj tápanyag készleteinek kimerülése.

## 2. A MUNKA CÉLJA

A munkám céljával egy olyan technológia megvalósítását és elemzését tűztem ki célul, amely alkalmas a balatoni iszapból keletkező csurgalékvíz szofisztikált tisztítására. A technológia eredményeképpen olyan minőségű víz előállítását szeretném megvalósítani mely alkalmazható mezőgazdasági területek öntözésre vagy hazánkban a felszíni vizekbe való visszavezetésre ezáltal javítva a tavak, folyók vízminőségét, így megvalósítva egy fenntartható, körforgásos gazdaságra épülő folyamatot.

Napjainkban rengeteg szennyvízkezelési eljárás áll rendelkezésünkre, azonban munkám során olyan megoldással szerettem volna előállni, amely hatékony, de ez mellett környezetbarát és gazdaságos. Célkitűzésem volt továbbá, hogy olyan technológiát valósítsak meg amely univerzálisan alkalmazható a hazánkban található összes felszíni víz esetében és megvalósítható üzemi méretekben.

A keletkező csurgalékvíz tisztását egy kétlépcsős folyamatos ultraszűrő-nanoszűrő rendszerben valósítottam meg.

A kombinált technológia végén keletkező szűrletben, sűrítményben és a betáplált csurgalékvízben is a Magyar Szabványügyi Hatóság MSZ 448/33-85 (1985) szabványában foglalt módon meghatároztam a lebegőanyag tartalmat.

A betáplált szennyvizet, valamint a végeredményként kapott permeátumot is akkreditált laboratórium által vizsgáltattam be, hogy a szűrlet megfelel-e az ivóvizekkel szemben támasztott minőségi paramétereknek és határértékeknek. A kapott eredményeket a vonatkozó határértékek (5/2023. (I.12.) Korm.rendelet, 2023) alapján értékeltem.

A folyamat modellezését a SuperPro Designer® szoftver segítségével valósítottam meg, aminek eredményeképpen a technológia üzemi és gazdasági megvalósíthatóságának lehetőségeire következtettem.

A kapott eredmények függvényében szeretném majd vizsgálni a technológia, valamint a keletkező permeátum felhasználási lehetőségeit, gazdasági és környezeti hatásait.

## 3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 3.1. Globális vízhiány

A klímaváltozás, népességnövekedés és az emelkedő életszínvonal együttesen hatalmas terhelést jelentenek a természeti erőforrásokra. Ilyen természeti erőforrás a víz is, mely esetében a jó minőségű ivóvíz egyre csökkenő mennyiségben áll rendelkezésükre. Az ivóvíz létfontosságú az emberek mindennapi életéhez, a mezőgazdaságban az élelmiszertermeléshez, a különböző iparágak, valamint a természet számára.

A társadalmi és gazdasági változások továbbá az éghajlatváltozás következtében 2016-os adatokat elemezve, Chunyang H. és munkatársai (2021) előrevetítették, hogy 2050-re a vízhiány mekkora mértékben lesz jelen a világban. 2016-ban a vízhiány a globális lakosság egyharmadát, vagyis 933 millió embert és 193 nagyvárost érintett. 2050-re a vízhiánnyal érintett nagyvárosok számát 284-re becsülik, valamint a globális lakosság felét fogja érinteni az elérhetetlen ivóvízkészlet, vagyis 1,693-2,373 milliárd embert. Kutatásukban úgy vélték, 2050-re a vízhiánynak leginkább kitett ország India lesz. Jelenlegi mérések alapján elmondható, hogy az urbanizáció, népességnövekedés és a társadalmi és gazdasági fejlődés következtében a következő három évtizedben 50-80% fog növekedni az ipari és háztartási vízigény.

A Föld teljes vízkészlete négy területre osztható fel: a jégtakarók és gleccserek (krioszféra), légkör (atmoszféra), óceánok és a földi vízkészletek. Az óceánok alkotják a földi vízkészlet 96,5%-át, mely vízkészletnek az átlagos sótartalma hozzávetőlegesen 35g só/kg víz. A fennmaradó 3,5%-ból körülbelül 1% sós talajvíz és 2,5% édesvíz formájában van jelen.

A teljes édesvíz készletnek a 68,5% a jégtakarókban és gleccserekben található, A fennmaradó mennyiségből mindössze 0,1%-ot tesz ki az atmoszférában található édesvíz. Ez a víz 0,1%-ban a felhőkben lévő folyékony és szilárd halmazállapotú víz, míg 99,9%-a légkörben páráként van jelen. A víz itt is létfontosságú elem, hiszen, ha nem lenne az atmoszférában víz a Föld hőmérséklete lényegesen lecsökkenne és a bolygón megszűnne az élet. A fennmaradó édesvíz körülbelül 31% felszíni (tavak és folyók) és felszín alatti vizekben (talajnedvesség, víztartó rétegek, felszín alatti víztározók) van jelen. (Stephens G. L. és munkatársai, 2020)

Az édesvízkészletek iránti kereslet meghaladja a rendelkezésre álló vízkészletet, ezért kiemelten fontos az alternatív vízforrások hasznosítása. Olyan intézkedések válnak szükségessé, amelyek elősegítik annak megvalósítását, hogy mindenki számára elérhető legyen a tiszta, megfizethető jó minőségű ivóvíz. A fenntartható vízgazdálkodás biztosítása érdekében javasolt lenne a vízgyűjtési technológiák fejlesztése, az infrastruktúra és a vízellátás javítása,

korszerű vízgazdálkodási technológiákba való beruházás, öntözés és mezőgazdasági vízfelhasználás fejlesztése. Valamint olyan intézkedések megvalósítása, amely a vízforrások kezelésére irányulnak, mint például a tengervizek sótalanítása és a szennyvízregenerálás (Hilla S. és munkatársai, 2023).

Ahhoz, hogy az ivóvíz mindenki számára biztosítható legyen a hangsúlyt olyan integrált kezelési technológiákra kell helyezni, amelyek a vízforrások minden típusára, a felszíni és a felszín alatti vízkészletekre is alkalmazhatóak. Ezen eljárásoknak meg kell felelnie minden szennyezőanyag eltávolítására, mint a nehézfémek, szerves anyagok, endokrin rendszert károsító vegyi anyagok és mikrobiális szennyeződések (Hassimi A. H., és munkatársai, 2020).

### **3.2.Felszíni vizek**

Felszíni víz alatt minden földfelszínen elhelyezkedő álló és mozgó vizet értünk, melyek közös jellemzője, hogy vízkörforgás valósul meg a közegben. A felszíni vizeket két nagy csoportra lehet osztani, álló- és folyóvizekre. Állóvizek lehetnek a tavak, lápok, mocsarak, tengerek, óceánok és sós tavak. Folyóvíznek minősül minden ér, csermely, patak, folyó és folyam.

A felszíni és felszín alatti vizek védelme kiemelten fontos minden ország esetében a fenntartható vízgazdálkodása biztosítása érdekében. . A vízkészletekben rejlő lehetőségek és kockázatok feltérképezése nélkülözhetetlen. Az országok hidrográfiájának elkészítésekor figyelembe kell venni a térség földrajzi elhelyezkedését. Magyarország a Kárpát-medencében található, ezen geológiai adottságoknak köszönhetően, nagy felszín alatti vízkészlet áll a rendelkezésünkre, ezen vízkészlet védelme, illetve fenntartható módon történő kezelése kiemelten fontos. Hazánkban a felszín 1%-át tavak borítják. (Mezősi G., 2017)

### **3.3.Balaton**

A Balaton gazdasági és kulturális szempontból Európa egyik legfontosabb tava, valamint 3,5 méteres átlag mélységével a világ legmélyebb tavai közé tartozik. A tó felszíne 600 km<sup>2</sup> mellyel a kontinens legnagyobb tavának mondható (Skandinávia, Oroszország kivételével). A „magyar tengert” számos célra használják, mint például vízellátási forrás, árvízvédelem, szennyvízelvezetés, élelmiszertermelés, rekreáció, közlekedés, biodiverzitás megőrzése, éghajlat szabályozás. Természeti értékeinek megőrzése kiemelt fontosságú gazdasági és turisztikai szempontból, ugyanis Magyarország legnagyobb turisztikai régióját alkotja, hiszen a tó körül mintegy 44 település található, amely közvetlen partvonallal rendelkezik, továbbá a Balaton Üdülőkörzete 180 településből áll.



Az emberi beavatkozások az évtizedek során nagy mértékben károsították a tó vízminőségét és csökkentették annak vízszintjét. Ilyen beavatkozások közül megemlítendő, a Balaton körüli vizes élőhelyek és mocsarak lecsapolása; a tópartra néző fölterületek felosztása és privatizációja, valamint az építkezések engedélyeztetése közvetlenül a tópartra; beton és kő burkolatok építtetése a partvédelem érdekében; tömegturizmus a megfelelő környezetvédelmi és közlekedési infrastruktúra kialakítása nélkül; túlzott műtrágya használat a vízgyűjtő közvetlen közelében található mezőgazdasági területeken; nagy volumenű állattenyésztő farmok létrehozása a vízgyűjtő területén; ivóvíz ellátás fejlesztése megfelelő csatornahálózat kialakítása nélkül; invazív fajok betelepítése (angolna, ezüst ponty); mezőgazdasági területek felaprózódása.

Az ivóvíz ellátó rendszereket az 1950-es évek végén kezdték kifejleszteni a régióban, annak érdekében, hogy biztonságos ivóvizet tudjanak biztosítani a nyaraló létesítmények, valamint a teljes lakosság számára. Ez a kezdeményezés azonban végső soron ahhoz vezetett, hogy a vízfogyasztás jelentősen megnövekedett, valamint nem volt megfelelő infrastruktúra a szennyvízelvezetéshez. Ennek következtében 1960-2010-ig több mint 2400 tonna szennyvíz eredetű foszfor került a vízgyűjtő közvetlen környezetébe.

Ezen problémákat felismerve számos intézkedés irányult a Balaton állapotának helyreállítására, és természeti értékeinek megóvására, mint például a Kis-Balaton helyreállítása; a Balaton körüli csatornahálózat és szennyvízelvezetés fejlesztése; foszforcsökkentés és szigorú szennyvízkezelési eljárások bevezetése; a tisztított szennyvíz más vízgyűjtőkbe történő átvezetése, hígtrágya alkalmazás betiltása a vízgyűjtő területén található mezőgazdasági területeken valamint a műtrágya alkalmazás csökkentése; mederkotrások az iszap mennyiségének csökkentésére (Kutics K., 2019).

### **3.3.1. Algavirágzás jelensége**

Az algavirágzás jelensége már a 19.században is jelen volt az édesvízi tavakban és az óceánokban, azonban a kutatások csak a 20.század végétől kezdődtek meg a káros algavirágzások (Harmful algal blooms – HABs) okának, kockázatainak és megelőzéseire irányulón.

Az algavirágzáson az algák gyors növekedését és felhalmozódását értjük, amelyet a tápanyag feldúsulása, valamint a szaporodásuknak kedvező éghajlati és hidrológiai feltételek eredményeznek. Amikor az algák koncentrációja megnövekedik a felszíni vizekben akkor negatív ökológiai hatások következnek be. A káros algavirágzás során jól látható összefüggő

algatelepek képződnek a vízben, amelyek okán megváltozik a víz fényáteresztő képessége, csökken a közeg oxigéntartalma, megnövekedik az algatoxinok koncentrációja. Ezen tényezők az vízi élőlények elhullásához vezetnek. A 20.század óta a jelenség 108 országban és régióban volt megfigyelhető az óceánokban és édesvízi tavakban. A kovamoszatok (*Diatom*), páncélos ostorosok (*Dinoflagellate*) és a cianobaktériumok (*Cyanobacteria*) virágzása a legjelentősebb, mivel igen gyakoriak, hosszú időn keresztül zajlik és jelentős az algatoxin termelésük. (Sha J. és munkatársai, 2021)

Számos kutatás ismert, melyben az algavirágzás elterjedését vizsgálták. Az alábbi kutatások szerint a globális klímaváltozás és az eutrofizáció együttes hatására az algavirágzás mértéke jelentősebb. (Ho J. C. és munkatársai, 2019). Az eutrofizáció során a vízben jelenlévő nitrogén és foszfor koncentrációja feldúsul, ami a fitoplanktonok, hínárok és algák elszaporodásához vezet. A népességnövekedés hatására, valamint az ipar és a mezőgazdaság rohamos léptékű fejlődésével egyidejűleg a háztartási és ipari szennyvíz mennyisége is megnövekedett, ezáltal egyre nagyobb koncentrációban kerül be a nitrogén és foszfor a szennyvizek által a felszíni vizekbe (Xiao X. és munkatársai, 2019) Kimutatható, hogy azon területek esetében, ahol feldúsul a tápanyagforrásként szolgáló nitrogén és foszfor mennyisége, ott gyakoribb az eutrofizáció és az algavirágzás jelensége.

Az algavirágzás hazánkban is megfigyelhető jelenség. A Balaton esetében mindig nagy figyelmet fordítottak az eutrofizáció megelőzésére. Azonban 2019-ben a tavon a *Ceratium furcoides* és az *Aphanizomenon flos-aquae* rekord nagyságú vegyes algavirágzást okoztak. A klorofill csúskoncentrációja meghaladta a  $300 \text{ mg/m}^3$  értéket, ami a korábban mért adatok több mint másfélszerese volt. A vizsgálatok alapján arra következtethetünk, hogy az eutrofizációt a belső- és külső tápanyagterhelés együttesen okozta. Külső tápanyagterhelés alatt a különböző ipari-, mezőgazdasági- és emberi tevékenységből adódó tápanyagok bejuttatását, míg a belső tápanyagterhelésen az üledékből felszabaduló nitrogént és foszfort értjük. A tápanyag terhelésen kívül az algavirágzás lehetséges kiváltó oka volt továbbá a víz hőmérséklet, az esetleges hőingadozások és hőhullámok, amelyek a klímaváltozásból adódnak.

Amennyiben nem születik megoldás a problémára az előrejelzések szerint a következő években még súlyosabb mértékű algavirágzásra lehet számítani, amely nem csak a vízi élővilág biodiverzitását fogja befolyásolni, hanem a turizmusra épült térségben gazdasági hatások is jelentkezni fognak, mivel az algatoxinok alkalmatlanná teszik a tavat a fürdőzésre.

Az üledékből felszabaduló foszfor és nitrogén csökkentésére ideiglenes megoldást jelenthet a Balatonon végzett időszakos mederkotrás az iszap mennyiségének csökkentésére és a vízszint szabályozásra (Istvánovics V. és munkatársai, 2022).

### **3.3.2. Mederkotrás**

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság 2022-ben kiírt Balaton vízminőség-védelem iszapkotrás I/2. ütem elnevezésű közbeszerzési eljárásában foglaltak alapján a következő feladatok ellátását eszközölték. A kitermelt mederanyag fogadására alkalmas NYZK1 jelzésű zagykazetta és annak 5,36 hektár területű zagyterének kialakítása. Ezen zagykazetta üzemeltetéséhez szükséges létesítmények kialakítása. 30 000 m<sup>3</sup> iszap eltávolítása hidromechanizációs kotrással. Zagyvíz visszavezető szivrágó és csurgalékvíz elvezető árkok kialakítása és karbantartása (Internet 1).

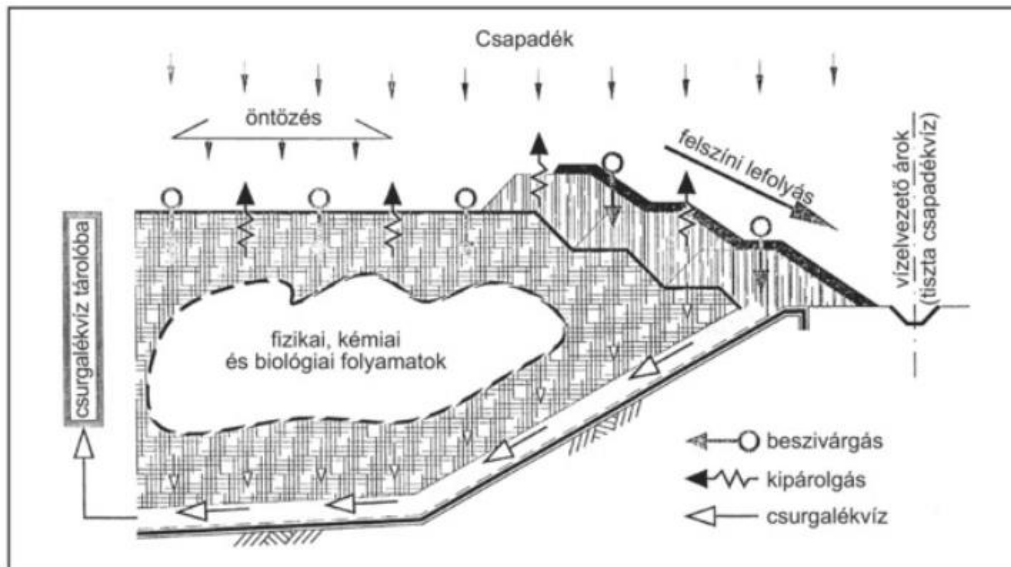
### **3.3.3. Üledék jellemzői**

Üledéknek tekintünk minden folyadékban leülepedő mesterséges vagy természetes eredetű anyagot. Ilyen anyag lehet többek között a homok és az iszap.

Az üledékek a tavakban, mocsarakban történő lerakódása történelmi feljegyzéseket őriz az eróziós folyamatokról, a csapadékokról, illetve retrospektív adatokhoz vezethet a hidrogeológia, az éghajlat, a geológia vagy a szennyezés tendenciáiról. Ezeknek a lerakódásoknak a forrása például lehet természetes, kristályos vagy autentikus, vulkáni hamu, de az elmúlt évszázadokban számottevő arányban jelentek meg az antropogén eredetű szennyeződések (Beyer D. E. és munkatársai, 2023).

### **3.4. Csurgalékvíz**

A depóniában vagy a lerakott hulladékban lejátszódó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok, valamint a csapadék együttes hatásának következményeként szennyvíz keletkezik. Ezen szennyvíznek a mennyisége függ a csapadék mennyiségétől, illetve a lerakó tulajdonságaitól és a hulladék minőségétől.



**1. ábra:** Hulladékdepónia vízforgalma (Forrás: Takács J., 2011)

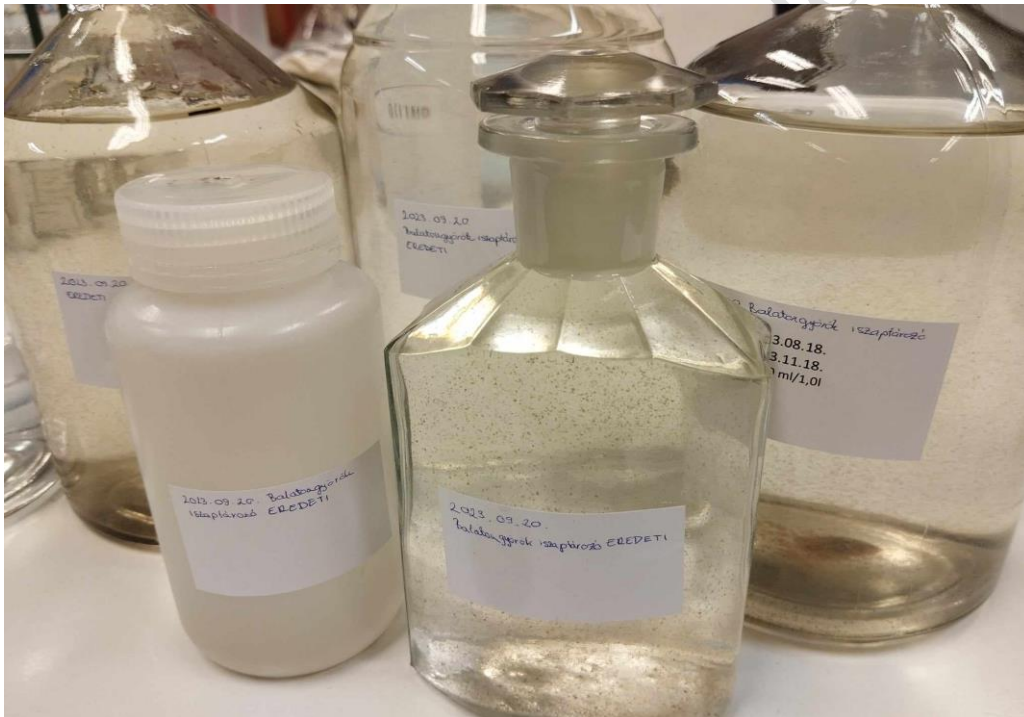
Az 1. ábrán látható, hogy a depónián átszivárog a csapadék miközben elszennyeződik, melynek okán keletkező szennyvizet nevezzük csurgalékvíznek vagy szivárgó víznek.

Az elhelyezés kezdetén aerob folyamatok mennek végbe melyeket követően a lényegi folyamatok anaerob közegben mennek végbe. A hulladék lebomlási folyamata 5 fázisra osztható: a deponálás utáni anaerob fázis melyben a szerves alkotók az oxigén hatására széndioxidra és vízre bomlanak; az ecetsavképző és erjesztő baktériumok aktivitása megnő és folyékony zsírsavak, széndioxid és hidrogén keletkezik és a savas reakció során felszabadulnak a nehézfémek; az anaerob közegben megnő a metánképző baktériumok aktivitása; a folyékony zsírsavak koncentrációja megnő és a metánképződés stabilizálódik; a levegőből bekerülő nitrogén és oxigén hatására a folyamatosan ismétlődnek ezek a fázisok, melynek végén csak a nehezen lebomló szerves komponensek maradnak vissza. A folyamat mellékterméke a szennyvíz vagy csurgalékvíz melynek mennyisége és minősége függ a hulladéklerakó terület éghajlati- és párolgási viszonyaitól, a depónia kialakításától és minőségétől, a lerakási technológiától, és a hulladéklerakó kialakításától (Takács J., 2011)

A hulladéklerakó csurgalékvize a beszivárgó esővíz, a hulladék biológiai lebomlása során keletkező víz és a hulladékban lévő víz keveréke, amely nagy mennyiségű oldott szerves anyagot és vegyületeket, sókat, valamint nehézfémionokat tartalmaz (Liu Z. és munkatársai, 2015). A hulladéklerakók esetében keletkező csurgalékvíz toxikus anyagnak minősül, mivel veszélyt jelenthet a közvetlen környezetre, valamint az ökoszisztémára (Baderna D., és munkatársai, 2019). A csurgalékvíz befolyásolhatja a mikrobiológiai aktivitást, a biológiai membránok elszennyeződését okozhatja, csökkentheti a koagulációs folyamatok kiáramlási

hatékonyságát, kölcsönhatásba léphet szerves a szerves szennyeződésekkel, és megváltoztatja a nehézfémek tulajdonságát a stabilitásuk és biológiai hozzáférhetőségük kapcsán (Yang X., és munkatársai, 2019). Ezek következtében elengedhetetlen a hatékony hulladékkezelési technikák alkalmazása a csurgalékvíz esetében. A csurgalékvíz kezelése történhet biológiai, kémiai vagy fizikai-kémiai módon (Chunying T., és munkatársai, 2021)

A csurgalékvízben jelen lévő szilárd, gáznemű és oldott szennyeződések kezelésre vagy eltávolítására számos eljárás alkalmazható, mint például a flotáció, fázisszétválasztás, flokkulálás, adszorpció, abszorpció, ülepítés, gravitációs szűrés vagy membránszűrés, desztilláció, ioncsere, extrakció, elektrodialízis, szárítás, sztrippelés, kémiai oxidáció vagy termikus oxidáció (Takács J., 2011). Az alkalmazott módszer függ a csurgalékvíz összetételétől, az elérni kívánt hatékonyságtól és a megvalósítás lehetőségeitől.



**2. ábra:** Balatoni iszából keletkező csurgalékvíz (Forrás: saját munka)

Jelen esetben a csurgalékvíz (2.ábra) nem minősíthető veszélyes anyagnak mivel nem települési hulladéklerakóban keletkezett, hanem a Balatoni mederkotrás során kigyűjtött iszap deponálásával. Mivel a Balaton víz- és iszap minősége folyamatos nyomon követhető, nem tartalmaz az egészségre káros vagy veszélyes anyagokat. Így az iszap tározása során sem kerülnek toxikus anyagok a depóniába. Azonban a fentebb említett kutatások is alátámasztották, hogy a csurgalékvíz összetételének vizsgálata nélkülözhetetlen a helyes eljárás megválasztásában.

### 3.5.Szennyvízkezelés

Az édesvízkészletek igénybevételével egyenes arányban nő a szennyvíz mennyisége is. A népesség növekedése miatt az ipari és mezőgazdasági, valamint a háztartási tevékenységek is megnövekednek melyek mind szennyvízforrásnak számítanak. Így nagy mennyiségű szennyvíz áll rendelkezésre, amely akár tisztítását követően hasznosítható lenne körforgásos rendszerben háztartási, ipari és mezőgazdasági felhasználásra.

Minden tevékenységünk vízhez kötött, azonban az édesvíz készletek véges mennyiségben állnak rendelkezésünkre ezért szükségessé válik olyan technológiák megvalósítása, amelyek úgy tudják biztosítani a szükséges mennyiségű víz meglétét, hogy azt nem édesvíz forrásából származtatják. A szennyvíz keletkezése elkerülhetetlen minden tevékenység esetében. Az olajfinomítók esetében egy hordó olaj előállításakor 10 hordó szennyvíz keletkezik (Pendashteh A. R., és munkatársai, 2011). A szennyvíz magában foglalja az oldott és szuszpendált szerves szilárd anyagokat, amelyek biológiailag lebomló vagy rothadó komponensek.

A szennyvízkezelés általában három fokozatban valósul meg, az első lépése mindig a mechanikai tisztítás melynek során különböző szűrési módszerekkel eltávolításra kerülnek a nagyobb méretű szilárd anyagok, a homok, valamint a zsiradékok. A második lépésben valósul meg a biológiai tisztítás, ahol aerob baktériumok végzik a szerves anyagok eltávolítását vagy lebontását. A harmadik lépés lehet kémiai vagy ismételt biológiai tisztítás, mely anaerob környezetben zajlik baktériumok vagy vegyszerek hozzáadásával és a fő célja a foszfor- és nitrogén vegyületek eltávolítása. Ezt a három alap fokozatot követheti egy fertőtlenítési eljárás, mellyel a vízben maradt mikroorganizmusok távolíthatók el.

Hatékony szennyvíztisztítás alkalmazásával az édesvízkészletek kiegészíthetők lennének. A szennyvíztisztításra sokféle technológia alkalmazható. Napjainkban azonban egyre nagyobb teret kapnak a különböző membrántechnológiák, ugyanis számos előnyük van a szennyvízkezelés során. Alkalmasak a nagyobb berendezések kiváltására, alacsony energia igényűek így gazdaságosabbak az eddig alkalmazott eljárásokkal szemben. Fenntartható technológiára épülnek mivel nem, vagy csak nagyon kis mennyiségben igényelnek működésük során vegyszereket vagy adalékanyagokat ezáltal környezetbarát megoldásnak bizonyulnak. Hátránya, hogy a membránok élettartama rövid, mivel pórusaik idővel eltömődnek, és a regenerációjuk is csak korlátozottan megvalósítható. Jelenleg is számos kutatás folyik membrántechnológiákkal kapcsolatos fejlesztésekről (Ezugbe E. O., és munkatársa, 2020).

### 3.6. Membránszűrés

A membránok ipari léptékű alkalmazása a víztisztításban, csak körülbelül az 1990-es évekig nyúlik vissza. A membránszűrési technológiák alkalmazásnak elterjedése a különböző vírusok vagy egyéb kórokozók elterjedésével, valamint a membránok előállítási és üzemeltetési költségeinek jelentős csökkenésével magyarázható (Goswami K. P., és munkatársa, 2020).

A méretkiszorítás elven működő membrán olyan permszelektív réteg, amely két vagy több komponensből álló elegy egyes komponenseit átterszi, másokat meg részben, vagy teljesen visszatartja. Membránszűréssel molekuláris méretekben tudunk szétválasztani folyadékokat és „szilárd anyagokat” (Takács L., 2010).

A membránokkal történő elválasztás hajtóereje alapján három csoport különböztethető meg, a nyomáskülönbségen, koncentráció különbségen és az elektromos potenciál gradiensen alapuló membránszűrés. A nyomáskülönbségen alapuló folyamatok esetében a szűrés hajtóereje a transzmembrán nyomás (TMP), mely a membrán betáplálási és a retentátum elvezetési oldala között fellépő nyomáskülönbség. A víztisztításban a nyomáskülönbségen alapuló membránszűrési műveletek a legelterjedtebbek.

A mikroszűrés (MF), ultraszűrés (UF), nanoszűrés (NF), és a fordított ozmózis (RO) membránok esetében a hajtóerő a membrán két oldala között mérhető nyomáskülönbség. (1.táblázat)

**1. táblázat:** Membránműveletek típusai az alkalmazott nyomáskülönbségek szerint  
(Forrás: Takács L., 2010)

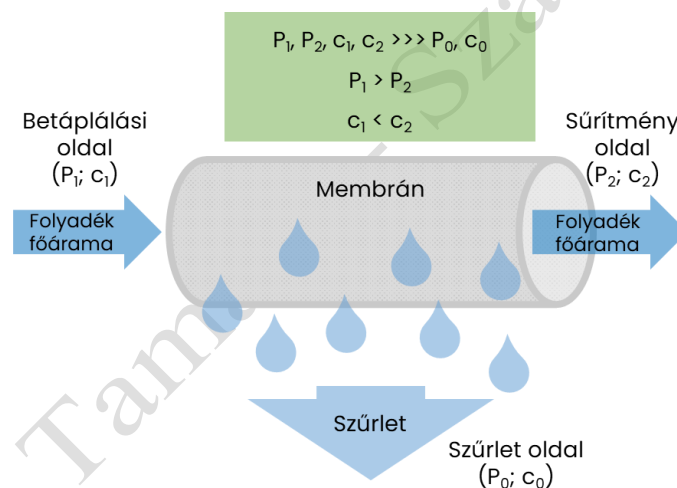
Membránművelet	Mérettartomány	Vágási érték	Hajtóerő [bar]	Átengedett komponensek	Visszatartott komponensek
Mikroszűrés (MF)	0,1-10 $\mu\text{m}$		1-3	makromolekulák, ionok	lebegő részecskék
Ultraszűrés (UF)	0,01-0,1 $\mu\text{m}$	1-1000 kDa	3-8	ionok	makromolekulák
Nanoszűrés (NF)	1-10 nm	100-500 Da	1-20 (40)	egyértékű ionok	kétértékű ionok
Fordított ozmózis (RO)	0,1-1 nm		10-60 (100)	oldószer	egyértékű ionok

Az MF membránok a baktériumok, polimerek és nagyobb kolloid részecskék visszatartására alkalmasak. Az UF membránok lehetővé teszik a kisebb kolloid részecskék, vírusok és

makromolekulák (huminsavak, fehérjék) eltávolítását. Mivel ezekben az esetekben az elválasztandó komponens gyakran nem oldódó részecske, így ezeket a műveleteket partikuláris szűrésnek is nevezik. Az NF és az RO abban különbözik, hogy magasabb nyomáson működnek, illetve kisebb pórusátmérővel rendelkeznek így a kisebb méretű molekulák és egy- vagy kétértékű ionok elválasztását is lehetővé teszik (Madsen H. T., 2014).

A membránszűrés során a betáplált folyadékelegyet betápnak, a keletkező termékeket, szűrletnek (permeátumnak) illetve sűrítménynek (retentáumnak) nevezzük.

A membránszűrés kialakítás szempontjából lehet statikus (dead-end) vagy keresztáramú (cross-flow). A statikus szűrés jól alkalmazható szakaszos technológiákhoz mivel a visszatartott anyagok feldúsulnak a membrán felületén, mely csökkenti az átáramlást a membránon keresztül. A lepényréteg eltávolításához le kell állítani a folyamatot és vissza kell mosni a membránt. A keresztáramú membránok azonban folyamatos működést tesznek lehetővé melyet a 3. ábrán személtetnek.



**3. ábra:** A nyomás és a koncentráció változása keresztáramú membránszűrésnél  
(Forrás: saját munka)

A 3. ábrán látható keresztáramú membránszűrésű rendszerek esetén is fentáll a membrán eltömődése, azonban a folyamatos áramoltatás biztosítása miatt lényegesen hosszabb időt vesz igénybe. A keresztáramú megvalósítás esetében is kiemelten fontos a membrán regenerálása a folyamatot követően. (Shi X., és munkatársai, 2014)

A membránszűrés hatékonyságát és teljesítményét a fluxus, vagy fajlagos szűrletteljesítmény meghatározásával tudjuk jellemezni. A fluxus a membrán egységnyi felületén, egységnyi idő alatt átjutó permeátum mennyisége.



A membránok jellemző paramétere a vágási érték, valamint a pórusméret. A vágási érték (Molecular Weight Cut Off – MWCO) az a molekula tömeget [Da], amelyet a membrán még 90%-ban képes visszatartani.

A membránok hatékonyságának a mérőszáma a visszatartás (Rejection – R) melyet százalékos értékben adunk meg, és azt mutatja meg hogy a visszatartott komponens milyen részarányban van jelen a szűrletben/permeátumban.

### **3.6.1. Nanoszűrés (NF)**

A nanoszűrés esetében az alkalmazott transzmembrán nyomáskülönbség 1-20 (40) bar is lehet, a vágási értéke jellemzően 100-500 Da közötti tartományban van, de rendelkezhet 100-1000 Da közötti értékkel is. Az NF alkalmas a többértékű ionok kiszűrésére mint például a szulfát vagy a foszfát, a nagyobb molekulák, valamint a cukrok elválasztására az adott közegtől. Általában szerves polimerekből vagy szervetlen anyagokból készülnek, mint a kerámia. Vízelésben számos területen alkalmazzák, mint például szennyvízelés, felszíni vagy felszín alatti vizek tisztítására, valamint kazántápvizek elésére is. Ezeken a területeken azért használják ezt a műveletet mivel az NF membrán képes a színanyagok (pigmentek), vírusok, fehérjék, ásványi sók, szaganyagok, huminsavak, pesztecidek, valamint a víz keménységet okozó  $\text{CaCO}_3$  eltávolítására (Abdel-Fatah M. A., 2018).

### **3.6.2. Ultraszűrés (UF)**

Az ultraszűrés általában 3-8 bar transzmembrán nyomáskülönbség alkalmazása mellett megy végbe és a vágási érték 1-1000 kDa közötti található. Ultraszűréssel eltávolíthatóak a makromolekulák, kolloidok, vírusok, baktériumok, élesztő- és penészgombák, valamint a proteinek. A membrán anyaga hasonlóan, az NF-hez készülhet műanyagokból (szerves polimerek) valamint szervetlen anyagokból (kerámia, üveg, fém). Az ultraszűrést általában más membránzűrés technológiával kombinálva alkalmazzák a vízelésben, ugyanis nagyobb pórusátmérője miatt nem hatékony a kisebb molekulaméretű komponensek kiszűrésében. Ebből kifolyólag leginkább előkezelésként szokták alkalmazni a lebegőanyagok eltávolítására majd NF vagy RO rendszereket alkalmaznak a következő tisztítási folyamatként (Aani S. A., és munkatársai, 2020).

### 3.7. SuperPro Designer®

A SuperPro Designer® egy folyamatszimulátor, amely lehetővé teszi az integrált folyamatok modellezését, értékelését és optimalizálását. Különböző iparágak technológiai folyamatainak és műveleteinek szimulációjára fejlesztették ki, folyamatos és szakaszos feldolgozási technológiák létrehozására. A szoftver alkalmazható például a biotechnológiában, gyógyszeriparban, vegyiparban, élelmiszeriparban, valamint a víz- és szennyvíztisztításban is.

A program segítséget nyújt az egyes technológiák tervezésében, működtetésében, valamint az üzemi paraméterek optimalizálásában. A folyamatmodellezés mellett a szoftver számos egyéb funkcióval van ellátva, amelyek lehetővé teszik az anyag- és energiamérlegek kiszámítását, a berendezések méretezését és a felmerülő költségek meghatározását. Kiterjedt adatbázissal rendelkezik mind a berendezéseket, mind a komponenseket/alapanyagokat illetően. A SuperPro Designer® adatbankjában lévő anyagok fizikai és termodinamikai tulajdonságai is megtalálhatóak (Canizales L., és munkatársai, 2020).

A szoftver alkalmazható környezeti hatásvizsgálatok elvégzésére, valamint a folyamatok ütemezésére (Gantt – diagram) és a ciklusidő elemzésére (Bergman E., 2016).

Lehetőséget ad a gazdasági mutatók monitorozására, aktualizálására az elkészült technológiából lehívható gazdasági kimutatás (Executive Summary of the Economic Evaluation Report – EER) segítségével. Részletes pénzügyi elemzést (Cash Flow Analysis Report – CFR) biztosít a projekt teljes élettartamára vonatkozóan. Ezek az összefoglalók tartalmazzák a tőke (Capital expenditure – CAPEX) és az üzemeltetési (Operational expenditure – OPEX) költségbecsléseket.

A SuperPro Designer® könnyen kombinálható más statisztikai programokkal további számítások elvégzéséhez, valamint a modellezés elvégzéséhez az anyagköltségek, nyersanyagok és egyéb adatok importálhatóak különböző fájlformátumokból.

Mindezeket összevetve a SuperPro Designer lehetővé teszi a széleskörű felhasználást nem csak technológiai folyamatok modellezésére a különböző iparágzatokban, hanem az oktatásban is alkalmazható a műveletek könnyebb megértése érdekében (Internet 2).

## **4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK**

### Kísérlet helye:

Méréseimet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés Tanszék laboratóriumában végeztem el.

### **4.1. Vizsgált anyagok**

A mérés során felhasznált csurgalékvíz a balatongyöröki iszaptározó NYZK1-es jelzésű zagykazettájából származik. A csurgalékvíz a zagykazettában leülepedett iszap felett keletkező vizes fázisból vett pontminta.

### **4.2. Felhasznált vegyszerek**

#### **4.2.1. A membránszűrő berendezések mosásához készített oldatok**

- lemezes NaOH
- szilárd citromsav por
- desztillált víz

#### **4.2.2. A membránszűrő rendszer fertőtlenítéséhez alkalmazott vegyszerek**

- Korsorex Extra baktericid-, fungicid-, és virucid hatású fertőtlenítőszer
- 96%-os etanol oldat
- desztillált víz

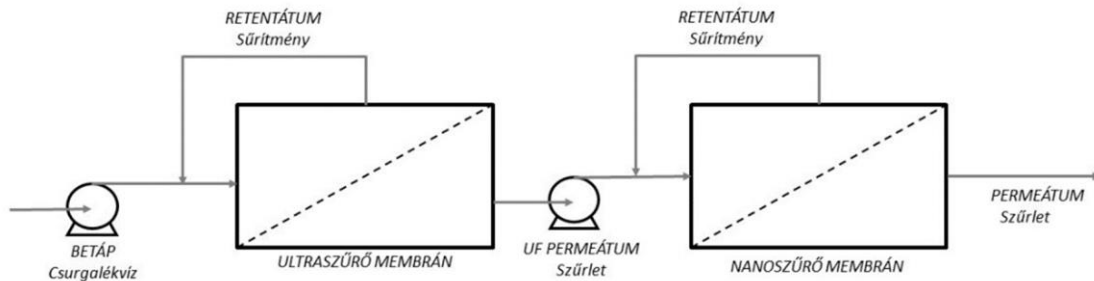
### **4.3. Módszerek**

#### **4.3.1. Membránszűrés (UF-NF)**

A membránszűréssel történő elválasztás előnyei, hogy folyamatossá tehető, könnyen kombinálható más műveletekkel, egyszerűen megvalósítható a méretnövelése, alacsony energiaigényekkel rendelkezik, valamint enyhe körülmények között is alkalmazható és nem szükségesek adalékanyagok az elválasztás megvalósításához, ezáltal környezetbarátnak mondható.

A membránszűrést egy kapcsolt, folyamatos kialakítású kétlépcsős ultraszűrő (UF) – nanoszűrő (NF) rendszerrel valósítottam meg (4.ábra, 5.ábra). Az első fokozat során az ultraszűrő rendszerbe kerül betáplálásra a csurgalékvíz és a folyamatban keletkező retentátumot

recirkuláltatjuk míg a permeátum egy gyűjtő edénybe kerül elvezetésre. A második fokozatban a nanoszűrő berendezésbe a UF permeátumot tápláljuk be és ebben az esetben is recirkuláltatjuk a keletkező retentátumot. A nanoszűrő rendszerből távozó permeátumot lezárt mérőhengerbe gyűjtöttem, hogy elkerüljem a levegőből a mintába esetlegesen bekerülő szennyeződések.



**4. ábra:** Kétlépcsős folyamatos UF-NF membránszűrő rendszer sematikus ábrája  
(Forrás: saját munka)



**5. ábra:** Kétlépcsős folyamatos UF-NF membránszűrő rendszer megvalósítása  
(Forrás: saját munka)

A permeáció mechanizmusa a transzmembrán nyomáskülönbség (TMP) (1.képlet) szabályozásával segíthető, mely a membrán betáplálási és a retentátum elvezetési oldala között fellépő nyomáskülönbség.

$$\Delta p_{TM} = \frac{p_{be} + p_{ki}}{2} - p_0 \quad (1)$$

Ahol a  $\Delta p_{TM}$  a transzmembrán nyomáskülönbség [bar],  $p_{be}$  a betáplálási oldal nyomása [bar], a  $p_{ki}$  a retentátum elvezetési oldalon mérhető nyomás [bar], a  $p_0$  a permeátum oldalán fellépő nyomás [bar].

A membránszűrés hatékonyságát a fluxus (fajlagos szűrletteljesítmény) és a besűrítési arány megadásával jellemeztem.

A fluxus (2.képlet) a membrán egységnyi felületén, egységnyi idő alatt átjutó permeátum mennyiség, mely a következő képlettel számítható:

$$J = \frac{V}{A \cdot t} \quad (2)$$

Ahol a  $J$  a fajlagos szűrletteljesítmény (fluxus)  $\left[\frac{L}{m^2 \cdot h}\right]$ ,  $A$  a membrán szűrőfelülete  $[m^2]$ ,  $V$  a permeátum térfogata  $[L]$ ,  $t$  a szűrési idő  $[h]$ . (Bélafiné B. K. és munkatársa, 2020)

A besűrítési arány (Volume Reduction Ratio – VRR) (3.képlet) a betáplált folyadék térfogatának és adott időpillanatban a sűrítmény térfogatának arányát adja meg.

$$VRR = \frac{V_b}{V_b - V_p} \quad (3)$$

Ahol a VRR a besűrítési arány, amely egy dimenzió nélküli mérőszám, a  $V_b$  a betáplált folyadék térfogata  $[mL]$ , a  $V_p$  az adott időpontban elvezetett permeátum mennyisége  $[mL]$ .

Mind két membránszűrő berendezés esetében a sűrítéseket megelőzően, a mosási folyamat után, valamint a besűrítést követően is desztillált vízzel mértem a berendezések vízfluxusát. Erre a mérést megelőzően azért van szükség, hogy tudjunk következtetni a membrán állapotára, a mérés követően pedig a membrán eltömődését lehet megfigyelni. A vízfluxus meghatározásához 25 mL szűrlet mennyiség eléréséig mértem a szükséges időt, a nyomást pedig 1 és 4 bar közötti tartományban állítottam be, 0,5 bar értékenként. Minden beállított nyomás értékhez 3 párhuzamos mérést végeztem melyek átlagával számoltam.

A nanoszűrő és ultraszűrő berendezések mosását 4 fázisban valósítottam meg. Az első fázisban 45 percig 2 bar nyomáson lúgos mosást végeztem, melyhez 80g lemezes NaOH-ot oldottam fel 4 liter desztillált vízben. Ezt követően 3 bar nyomáson 15 percig desztillált vízzel öblítettem át a rendszereket, hogy eltávolítsam a vegyszermaradványokat. Az átmosást követően 2 bar nyomáson citromsav oldatot recirkuláltattam a berendezésekben 45 percig, mely oldat elkészítéséhez 80g szilárd citromsav port mértem ki, amit 4 liter desztillált vízben oldottam fel. A savas fázist követően ismételten átöblítettem a berendezést ugyanazon beállítások mellett, amelyeket a lúgos mosás után alkalmaztam.

Az ultraszűrő fertőtlenítését 4 V/V%-os Korsorex Extra fertőtlenítőszer desztillált vizes oldatával végeztem 1,5 bar nyomáson, 1 órán keresztül. Ezt követően 3 bar nyomáson, 30 perces desztillált vizes öblítést alkalmaztam.

A nanoszűrő esetében csak a rendszer csővezetékei kerültek fertőtlenítésre, ugyanis a poliéterszulfon membrán nem mutat akkora ellenállóságot a különböző vegyszerekkel szemben, mint a kerámia membránok. A csővezetékek fertőtlenítésre 70 V/V%-os etanol oldatot készítettem 96%-os etanol oldatból. Az eljárást 1 óráig végeztem 60L/h recirkulációs térfogatáramon.

### **Ultraszűrés (UF)**

A csurgalékvízből 3000 mL mennyiségű mintát mértem ki melyet a betáp tartályba töltöttem. A minták besűrítését keresztáramú (Cross flow) kerámia csőmembránnal végeztem. A csőmembránba statikus keverő (SPIRAL LD2 STP – Inox, Bački Petrovac, Vojvodina, Serbia) került beszerelése a hatékonyság növelése, valamint a szűrési idő csökkentése érdekében. Az elválasztás során alkalmazott csőmembrán pórusátmérője 50nm, szűrőfelülete 0,005m<sup>2</sup> volt. A mérést 2,8 bar transzmembrán nyomáskülönbség és 240 L/h recirkulációs térfogatáram biztosításával végeztem. A betáp tartályban lévő csurgalékvíz hőmérsékletét 10 percenként ellenőriztem, hogy állandó hőmérsékleten menjen végbe a mérés, ugyanis a hőmérséklet ingadozás befolyásolja a fluxus görbét. A fajlagos szűrletteljesítmény (fluxus) meghatározásához a szűrlet mennyiségének 100 mL-rel és 400 mL-rel történő növekedéséhez szükséges szűrési időket mértem, 2500 mL szűrlettérfogat eléréséig (VRR=6,00). A permeátumot zárt edényben gyűjtöttem és jeges vízfürdőt alkalmaztam, hogy a nanoszűrés esetében biztosítani tudjam az állandó hőmérsékletet.

### **Nanoszűrés (NF)**

Az ultraszűrés során keletkező permeátumot egy kompakt, hordozható nanoszűrő rendszerbe (HIDROFILT, Nagykanizsa, Magyarország) tápláltam be. A rotaméteren 60 L/h recirkulációs térfogatáramot állítottam be, valamint a besűrítés 3 bar nyomáson ment végbe. A berendezésben egy poliéterszulfon (PES) kapillárcsöves keresztáramú membrán található melynek vágási értéke 400Da, szűrőfelülete pedig 0,065m<sup>2</sup>. A jeges vízfürdő hatására a betáplált folyadékot állandó 20°C-os hőmérsékleten tudtam tartani. A fluxus meghatározásához 100mL, 200mL, 300mL és 400mL mennyiségű szűrlet minták eléréséhez szükséges időt mértem. A folyamatba betáplált ultraszűréssel keletkező permeátum mennyisége 2370mL volt, a szűrést 2100mL szűrlettérfogat (VRR=8,78) eléréséig végeztem. A tisztított vízminztát lezárt

mérőhengerben gyűjtöttem majd a szükséges mennyiségű mintákat steril, tisztított mintatevő edényekbe mértem ki. A mintákat a vizsgálatokig hűtőszekrényben tároltam.

### 4.3.2. Lebegőanyag tartalom meghatározás

Lebegőanyagnak tekintünk minden vízben nem oldódó anyagot, amelyeket meghatározott körülmények között szűréssel tudunk eltávolítani (Magyar Szabványügyi Hivatal, MSZ 448/33-85, 1985).

A lebegőanyag tartalom meghatározásához 2 órán keresztül 105°C-on szárítószekrényben szárítottam 450nm pórusátmérőjű szűrőpapírokat. Ezt követően analitikai mérlegen lemértem a papírok tömegét grammban kifejezve. A betáplált csurgalékvízből, a permeátumból és a retentátumból is 200 mL mennyiségű mintát vákuumszivattyú segítségével átszűrtem a kiszárított szűrőpapírokon (6.ábra). A szűrőpapírokat csipesz segítségével óraüvegekre helyeztem és legalább 4 órán keresztül 105°C-on szárítószekrényben tömegállandóságig szárítottam. Miután kihültek a papírok, ismételten lemérem a tömegüket (Kutai R. D. és munkatársai, 2014). A lebegőanyag tartalmat (4.képlet) a következő képlet segítségével számítottam ki:

$$X = \frac{(b-a) \cdot 1000}{V} \quad (4)$$

Ahol X a vízminta lebegőanyag tartalma [mg/L], b a tömegállandóságig szárított szűrőpapír tömege a lebegőanyaggal együtt [mg], a tömegállandóságig szárított szűrőpapír tömege [mg], V a meghatározáshoz felhasznált vízminta térfogata [mL] (Magyar Szabványügyi Hivatal, MSZ 448/33 – 85, 1985).



6. ábra: Lebegőanyag tartalom meghatározás (Forrás: saját munka)

### **4.3.3. Mintavétel és ivóvízvizsgálat**

A vízmintákat a Budapest Főváros Kormányhivatalának Népegészségügyi Főosztályának Laboratóriumi osztálya végezte, mely a Nemzeti Akkreditáló Hatóság által a NAH-1-1362/2019 nyilvántartási számon akkreditált vizsgálólaboratórium.

A vízminták ivóvízként kerültek bevizsgálásra, mely kategóriát azért választottam mivel a Kormányrendeletek alapján az ivóvizek határértékei a legszigorúbban szabályozottak, amennyiben ezen értékeknek megfelel a minta, alkalmas a felszíni vizekbe való visszajuttatásra, valamint mezőgazdasági területek öntözésére is.

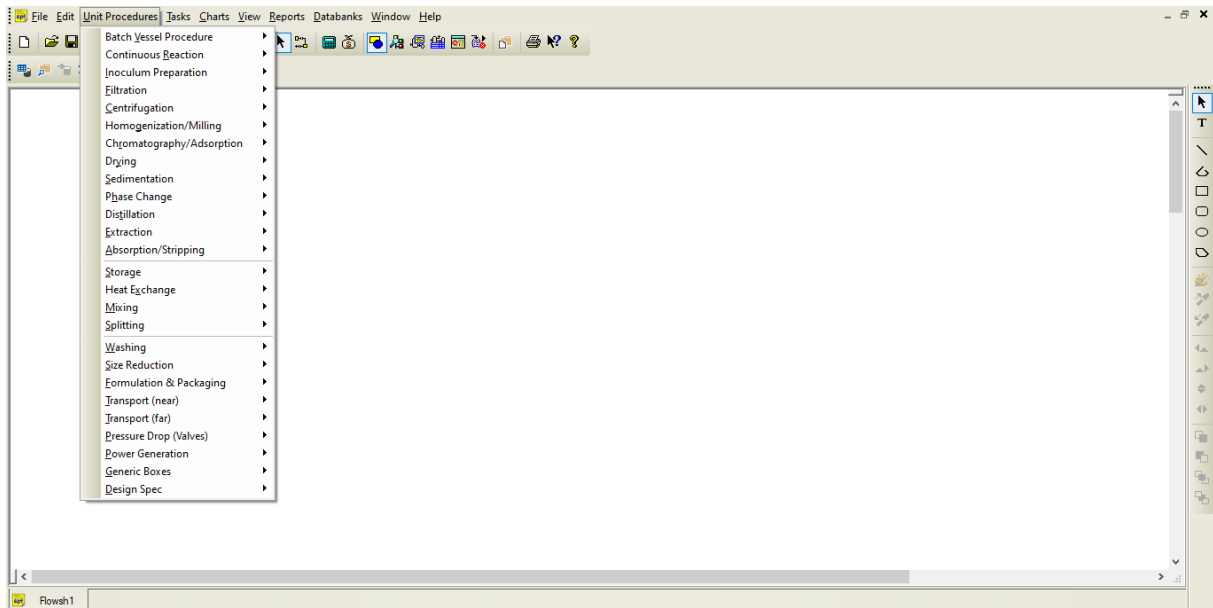
A vizsgálatokhoz 4 típusú mintavevő edényre volt szükség, melyeket a laboratóriumi osztály tisztított és sterilizált. A mintavétel az egyes típusú üvegeknél eltérő volt. A meghatározásokat a betáplált csurgalékvízre és a kétlépcsős membránszűrési technológia eredményeképpen kapott permeátumra végezték. A kémiai paraméterek méréséhez három üvegre volt szükségem mind két minta esetében. Az általános kémiai vizsgálatokhoz egy-egy, 1 literes üveg edény mintatartót használtam melyet 3-szor átöblítettem a mintáimmal, majd az üveg nyakáig töltöttem fel. A fémionok meghatározásához 300 mL-es műanyag palackot töltöttem fel átöblítés nélkül a folyadékmintákkal. Az összes szerves széntartalom (Total Organic Carbon – TOC) meghatározásához csiszolatos üvegdugóval rendelkező 200 mL térfogatú üvegedényt alkalmaztam, melyet buborékmentesen kell feltölteni az üveg szájáig, úgy, hogy ne kerüljön levegőréteg a minta fölé. A bakteriológiai vizsgálatokhoz 2 liter mintára volt szükség, ezek során a csővezetékek végét 96%-os etanolba mártott vattával fertőtlenítettem majd 5 perc várakozási időt követően a szűrlet elvezetőt az edénybe helyeztem és steril fóliával lezártam az üveget, hogy a levegőből ne kerüljenek mikroorganizmusok a permeátumba.

A mintákat a vizsgálatok elvégzéséig hűtőszekrényben tároltam (0-4°C között). A minták 24 órán belül feldolgozásra kerültek a Laboratóriumi osztály által (Magyar Szabványügyi Hivatal, MSZ 448/46-1988, 1988)

### **4.3.4. Technológiai folyamat modellezés (SuperPro Designer®)**

A technológiai folyamat modellezését a SuperPro Designer® program segítségével végeztem el. Első lépésként beállítottam, hogy folytonos technológiaként szeretném megvalósítani, valamint egy évre vetítve a munkanapok számának 250 napot állítottam be (a munkaszüneti napokat figyelembe véve).

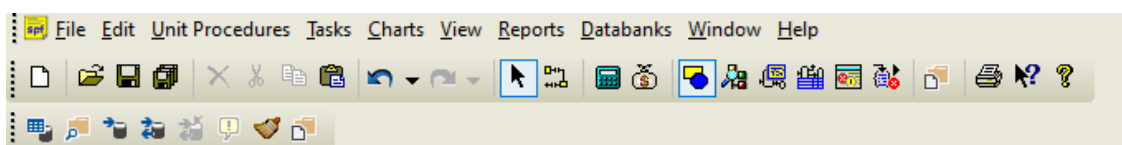




**7. ábra:** SuperPro Designer® felhasználói felülete - Unit Procedures (Forrás: saját munka)

Ezt követően a „Unit Procedures” menüpontból (7.ábra) kiválasztottam a folyamathoz szükséges berendezéseket:

- „Filtration” menüpontból a membránszűrő berendezéseket
- „Storage” pontból a betáplált csurgalékvíz, a keletkező permeátum és a durva szűrés során leválasztásra került úszó-lebegő hordalékanyagok tárolására alkalmas tartályokat
- „Splitting” pontból választottam ki a csurgalékvíz előszűrésére alkalmas berendezést, mellyel egy durva szűrést modelleztem az úszó-lebegő hordalékanyagok leválasztásának érdekében
- A folyamat végén keletkező retentátumot 10 L-es kannákba töltöttem, melyhez a szükséges csomagoló egységet a „Formulation & Packaging” menüpontból
- A komponensek áramoltatását centrifugál szivattyúkkal oldottam meg amelyek a „Transport (near)” pontban találhatóak



**8. ábra:** SuperPro Designer ® szerkesztőléc menüpontjai (Forrás: saját munka)

A berendezések elhelyezését követően, az összekapcsolásukat a szerkesztőlécen (8.ábra) található „Connect Mode” alkalmazásával valósítottam meg. A folyadékáramok beállításához először regisztráltam a komponenseket a „Tasks” menüpontban található „Pure Components” „Register” pontjában. A komponensek összetételét illetően az előzetesen meghatározott lebegőanyag tartalmat és a vízminta vizsgálatok eredményeit vettem alapul.

A membránszűrő berendezések paramétereinek beállításakor az előzetesen elvégzett méréseim adatait használtam fel, mint például a visszatartás, a fluxus és a besűrítési arány. A berendezések méretezéséhez a Hidrofilt Vízkezelést Tervező és Kivitelező Kft. (Internet 3) által gyártott és forgalmazott membránszűrő rendszerek paramétereivel dolgoztam, azonban ezen paraméterek a tényleges kivitelezésnél eltérőek lehetnek.

A folyadékáramok és a berendezések elnevezését a jobb egérgombbal kattintva az „Edit Labels”, a feliratok formázását pedig a „Style” pontban végeztem el.

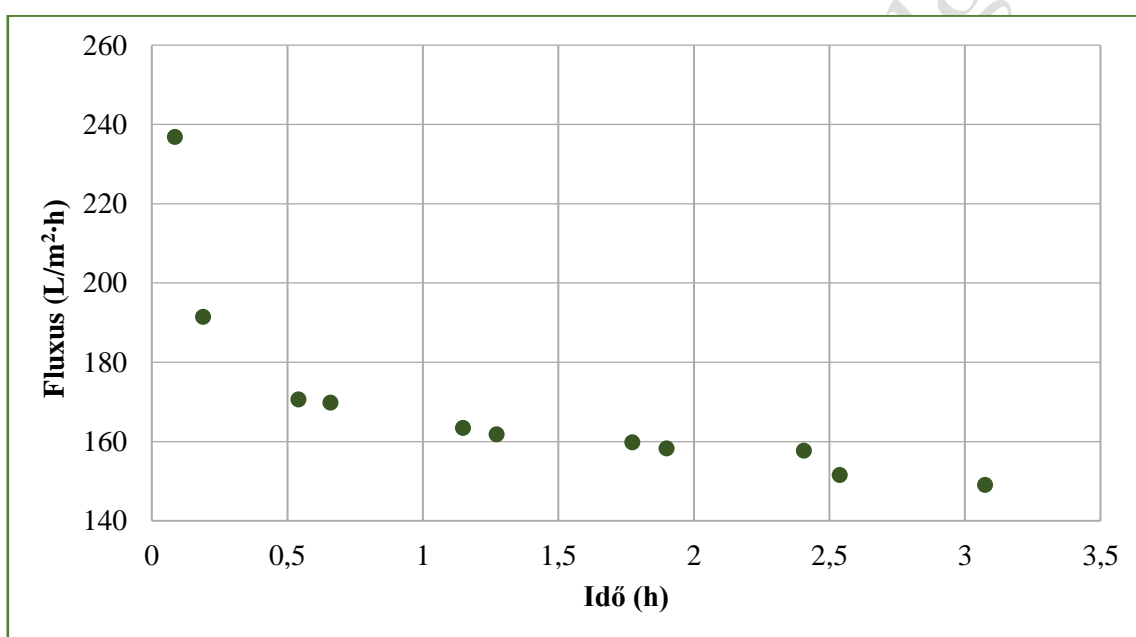
A folyamat elkészültével a szerkesztőlécen található „Solve ME Balances” gombra kattintva a szoftver lefuttatta a teljes folyamatot és a berendezésekre kattintva megtekinthetőek a kapott eredmények a további számítások elvégzéséhez. A gazdasági számítások elvégzéséhez a mellette található „Perform Economic Calculations” gombra kattintottam. Amennyiben a működési paraméterek nem kerültek megfelelően beállításra, a program hibaüzenetet jelenít meg erre vonatkozóan.

## 5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 5.1. Ultraszűrés (UF)

Az ultraszűrés során a betáplált csurgalékvíz mennyisége 3000 mL volt, melyből 2500 mL permeátum és 500 mL retentátum keletkezett. A szeparációs művelet során statikus keverőt alkalmaztunk, valamint a membrán szűrőfelülete  $0,005\text{m}^2$ , a pórusátmérő 50nm volt. A mérést transzmembrán nyomáskülönbség 2,8 bar mellett és 240 L/h recirkulációs térfogatáramon végeztem.

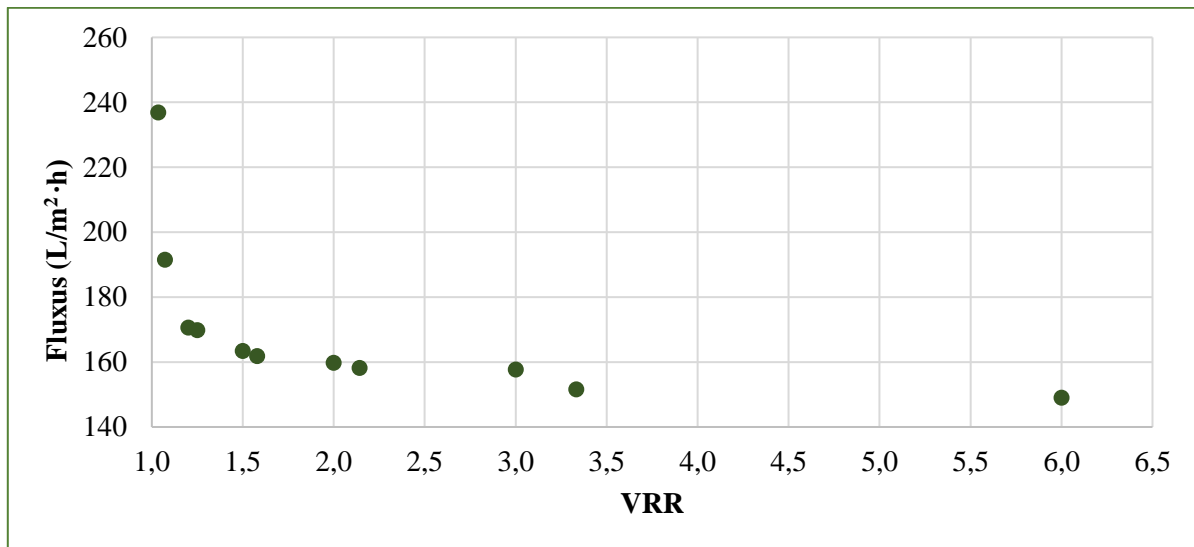
A mérés során vizsgáltam a fajlagos szűrletteljesítmény (fluxus) változását az szűrési idő függvényében, majd grafikusán ábrázoltam (9.ábra)



**9. ábra:** Csurgalékvíz minta fluxusváltozása a szűrési idő függvényében  
(Forrás: saját munka)

Az 9.ábrán megfigyelhető, hogy a fluxus folyamatos csökkenő tendenciát mutat, mivel a folyamat elején értéke  $236,84 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$  míg a folyamat végére már csak  $149,07 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$ . A folyamat során a membrán pórusai eltömődnek, ezzel magyarázható a fluxus folyamatos csökkenése. A diagramon jól látható, hogy a folyamat során a fluxus egyre kisebb mértékben csökken, ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a membrán pórusai eltömődése után a fluxus állandó értéket fog felvenni. A kezdeti pontban 100mL szűrletmennyiség eléréséhez 5 perc volt szükséges, azonban az eltömődés következtében 100mL permeátum szűrési ideje 8 percre növekedett meg. A besűrítési folyamat során 2500mL szűrlet eléréséhez 3 óra 5 perc volt szükséges.

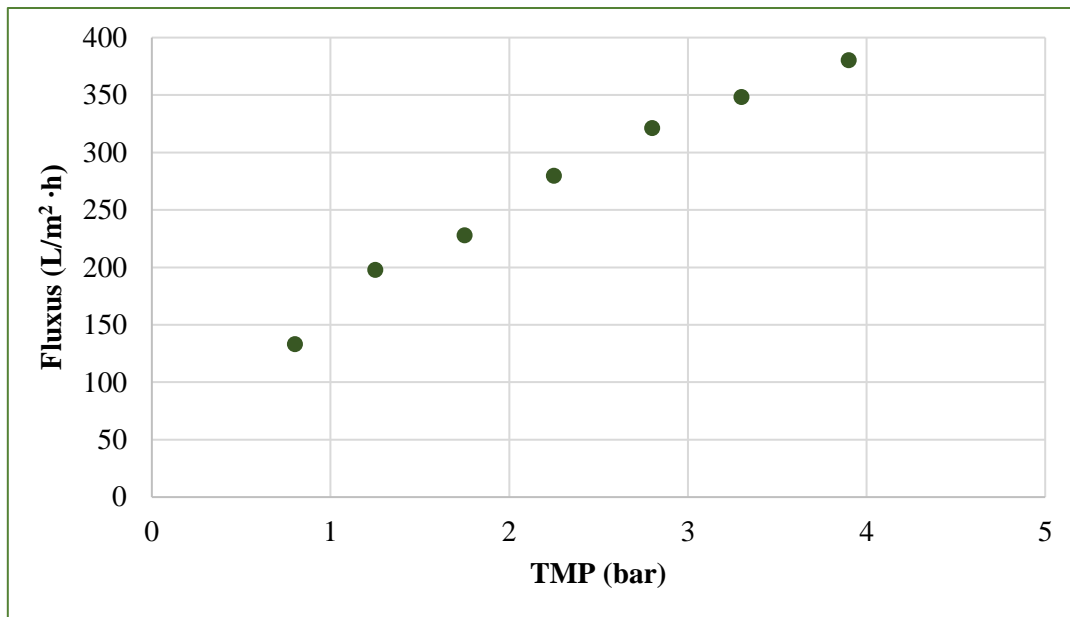
Grafikusan ábrázoltam továbbá a fluxust a besűrítési arány (VRR) függvényében, amelyet a 10. ábrán tüntettem fel.



**10. ábra:** Csurgalékvíz minta fluxusváltozása a besűrítési arány (VRR) függvényében  
(Forrás: saját munka)

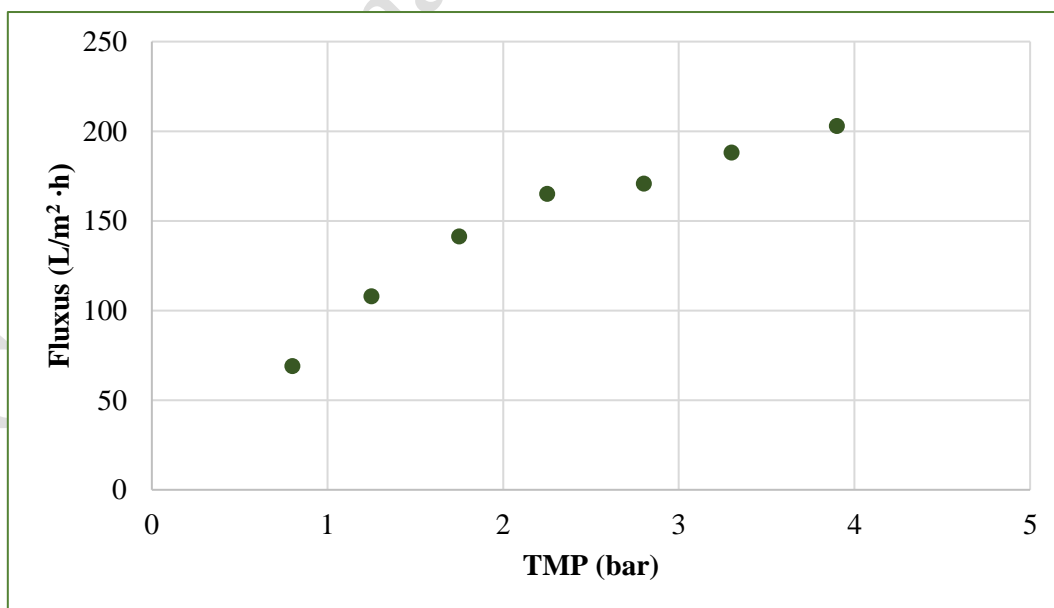
A kezdeti pont esetében a fluxus értéke  $236,84 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  a besűrítési arány értéke 1,03 volt. Az utolsó pontnál látható, hogy a fajlagos szűrletteljesítmény értéke már csak  $149,07 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  míg a VRR értéke 6,00-ra növekedett. Ez abból következik, hogy a VRR a betáplált oldat, illetve a sűrítmény mennyiségének arányát adja meg az adott pillanatban. Az utolsó pont esetében a retentátum mennyisége 500 mL, míg a betáplált folyadék 3000 mL volt. A 10. ábráról megállapítható, hogy a besűrítési arány értékei exponenciálisan növekvő tendenciát követnek.

A membránszűrő berendezések esetében minden besűrítés előtt 4 fázisú mosást végeztem, majd meghatároztam desztillált víz alkalmazásával a tisztavíz fluxust a transzmembrán nyomáskülönbség (TMP) függvényében (11. ábra). A besűrítést követően megismételtem a tisztavíz fluxus meghatározását ugyanazon nyomásértékek beállításával, hogy következtetni tudjak a membrán pórusainak eltömődésére (12. ábra)



**11. ábra:** Besűrítés előtti (mosás utáni) tisztavíz fluxus a TMP függvényében (Forrás: saját munka)

A betáplálás oldali nyomásértékeket minden tisztavíz fluxus mérés során 1-4 bar közötti tartományban határoztam meg és 0,5 bar értékenként három párhuzamos mérést végeztem. Minden nyomásértékhez tartozóan mértem a 25 mL szűrletmennyiség eléréséhez szükséges időt. Besűrítés előtt a legkisebb fluxus érték  $133,40 \frac{L}{m^2 \cdot h}$ , még a legmagasabb fajlagos szűrletteljesítmény  $380,32 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  volt.



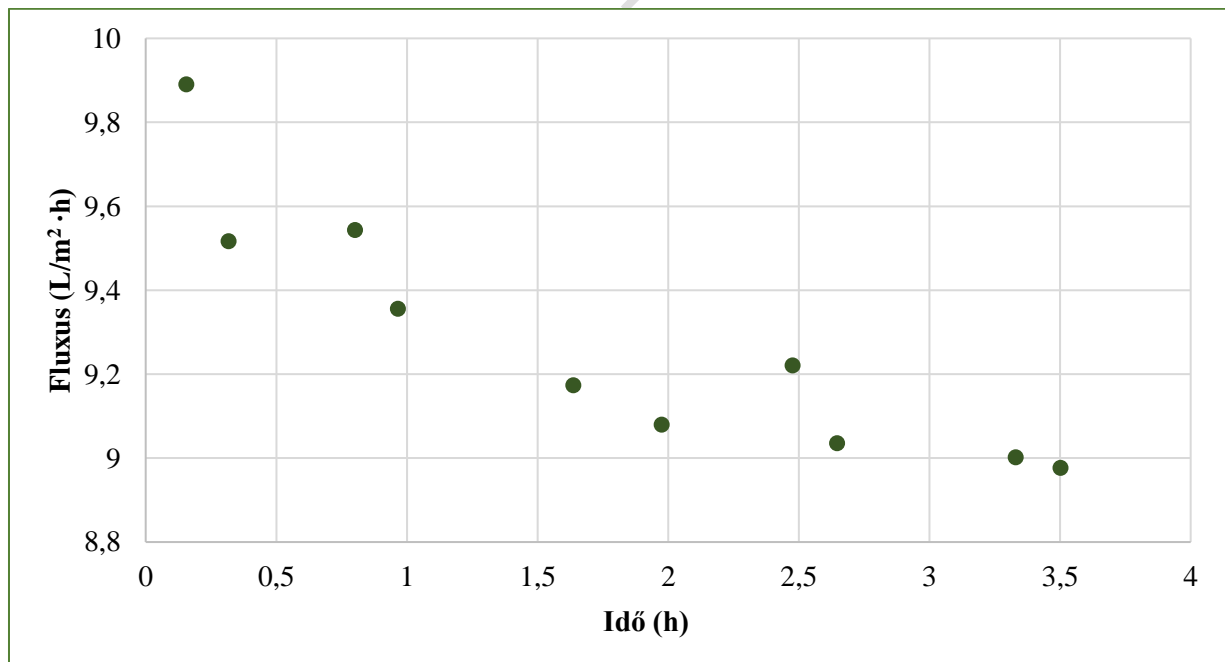
**12. ábra:** Besűrítés utáni tisztavíz fluxus a TMP függvényében (Forrás: saját munka)

A besűrítés után is elvégeztem a tisztavíz fluxus meghatározását. A szűrletmennyisége ebben az esetben is 25 mL volt, valamint a betáplálási oldal nyomásértékei is ugyanazon beállítások, mint a besűrítés előtti mérés során. Az 12. ábrán látható, hogy az ultraszűrő membrán pórusai jelentősen eltömődtek, mivel a fluxus értékek alacsonyabb értékekkel rendelkeznek, mint az elválasztási műveletet megelőzően. A fajlagos szűrletteljesítmény értéke  $69,14 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  és  $203,05 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  között volt. Ebből látható, hogy a besűrítést követően minden esetben szükséges a 4 fázisú mosás elvégzése ugyanis ezzel tudjuk a membránokat regenerálni.

## 5.2. Nanoszűrés (NF)

A nanoszűrő rendszerbe a kapcsolt, folyamatos művelet miatt az ultraszűrő rendszer esetében keletkező permeátumot tápláljuk be. A betáplált folyadék mennyisége 2370mL melyből, 2100 mL szűrlet és 270 mL sűrítmény keletkezett. A művelet során a kapillárcsöves membránszűrő vágási értéke 400 Da, valamint a szűrőfelülete  $0,065m^2$  volt. A mérést 3 bar nyomáson és 60L/h recirkulációs térfogatáramon végeztem.

A nanoszűrés esetében is meghatároztam a fajlagos szűrletteljesítményt (fluxust) és ábrázoltam az idő függvényében (13. ábra).



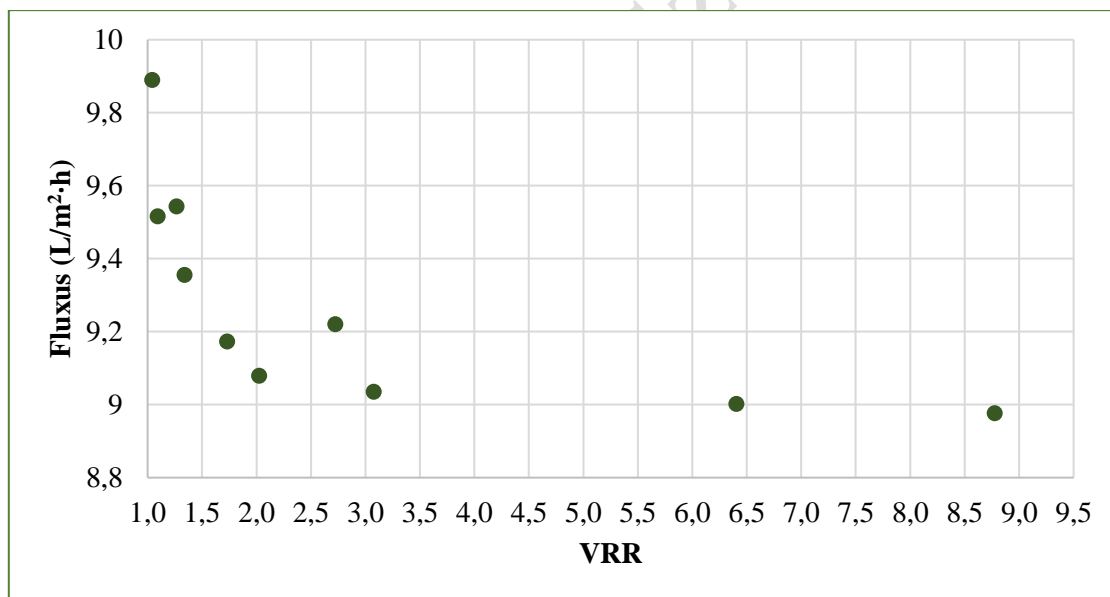
**13. ábra:** Permeátum fluxusváltozása a nanoszűrés során a szűrési idő függvényében (Forrás: saját munka)

A nanoszűrés esetében is megfigyelhető, hogy a fluxus csökkenő tendenciát mutat azonban itt nem olyan nagy csökkenés figyelhető meg, mint az ultraszűrés során. Az alacsonyabb fluxus

értékekre az adhat magyarázatot, hogy a nanoszűrő berendezés egy kompakt, hordozható berendezés ezáltal kisebb teljesítményre képes, mint az ultraszűrő rendszer, valamint a membrán nagyobb szűrőfelülettel rendelkezik így az eltömődés is több időt vesz igénybe ezáltal kisebb mértékű a csökkenés a fluxusváltozás során. A fő eltérés azonban abból fakad, hogy a nanoszűrő rendszernek már egy előtisztított vizet kell szűrnie, amelyben ezáltal kisebb a szennyezőanyagok koncentrációja, mint az ultraszűrő esetében betáplált csurgalékvízben.

Az 13. ábrán látható, hogy a kezdeti fluxus értéke  $9,89 \frac{L}{m^2 \cdot h}$ , míg az utolsó pontban a fajlagos szűrletteljesítmény  $8,98 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  volt. Az elválasztási folyamat elején 100 mL szűrlet elvezetéséhez szükséges idő 9 perc volt még a mérés végén ugyanekkora szűrletterfogathoz már megközelítőleg 11 perc kellett. A folyamat során itt is megfigyelhető a membrán eltömődése miatt a fluxus kisebb mértékű csökkenése.

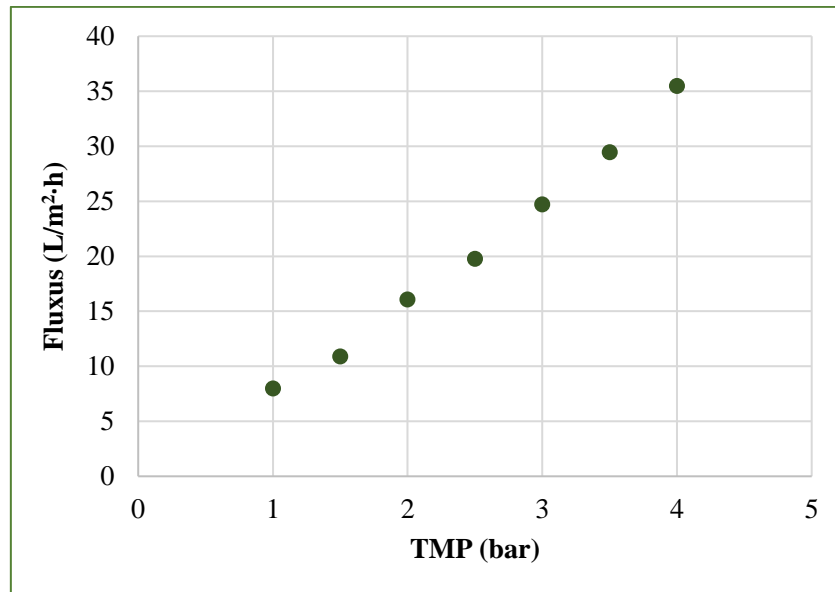
A nanoszűrés esetében is grafikusán ábrázoltam a fluxus értékeket a besűrítési arány (VRR) függvényében (14.ábra).



**14. ábra:** Permeátum fluxusváltozása a nanoszűrés során a besűrítési arány (VRR) függvényében (Forrás: saját munka)

Az első pont esetében a fluxus értéke  $9,89 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  a besűrítési arány értéke pedig 1,04 volt. Az utolsó pontnál a fluxus értéke  $8,98 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  míg VRR értéke 8,78-ra növekedett. Az utolsó pont esetében a retentátum mennyisége 270mL, míg a betáplált folyadék térfogata 2370mL volt. Ugyanúgy ahogyan az ultraszűrés esetében itt is megfigyelhető, hogy a besűrítési arány értékei exponenciálisan növekednek (14.ábra)

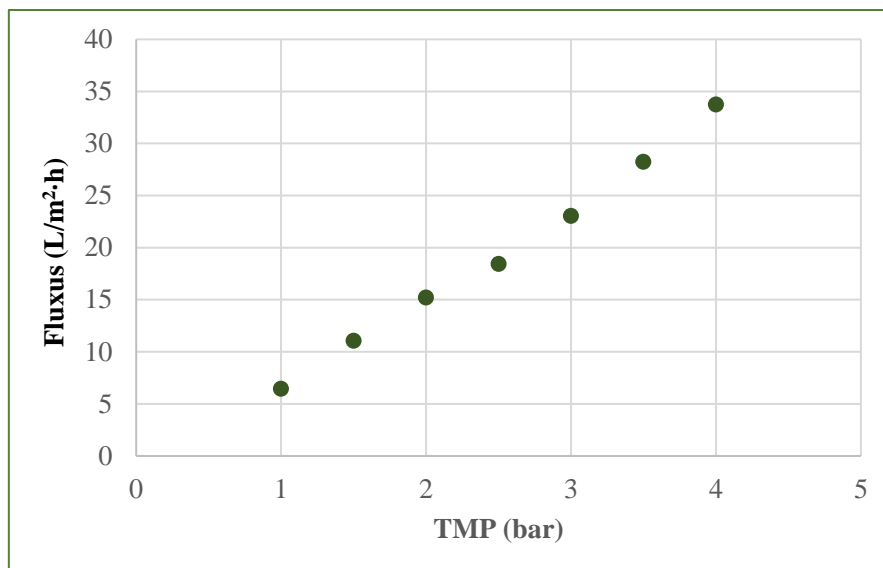
A nanoszűrő rendszer esetében is 4 fázisú mosást alkalmaztam. A mosást követően, a besűrítést megelőzően, valamint az elválasztási műveletet követően is desztillált vízzel mértem a tisztavíz fluxust a nyomás függvényében. A fajlagos szűrletteljesítményt meghatározásához a transzmembrán nyomáskülönbséget itt is 1-4 bar közötti tartományban határoztam meg 0,5 bar-onként. A mért permeátum térfogat minden pontnál 25mL volt, melyhez a szükséges időt stopperórával mértem. A kapott fluxus értékeket a TMP függvényében grafikusán ábrázoltam (15.ábra).



**15. ábra:** Besűrítés előtti (mosás utáni) tisztavíz fluxus a TMP függvényében  
(Forrás: saját munka)

A 15.ábrán a besűrítést megelőzően, a mosást követően láthatóak a kapott tisztavíz fluxus eredmények a transzmembrán nyomáskülönbség függvényében. A diagramról leolvasható, hogy a legalacsonyabb fluxus érték  $8,00 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  míg a legmagasabb fajlagos szűrletteljesítmény pedig  $35,50 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  volt.





**16. ábra:** Besűrítés utáni tisztavíz fluxus a TMP függvényében (Forrás: saját munka)

Az 16.ábrán látható a szétválasztási művelet után mért tisztavíz fluxus eredmények a transzmembrán nyomáskülönbség függvényében. A mért tiszta víz fluxus értékek  $6,47 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  és  $33,77 \frac{L}{m^2 \cdot h}$  közötti tartományban vannak. Elmondható, hogy a fluxus eredmények csökkentek a művelet megkezdése előtti értékekhez képest, azonban a membrán eltömődés nem volt annyira jelentős, mint az ultraszűrő berendezésnél. Azonban a membrán hatékony működésének érdekében, itt is javasolt a besűrítést követően a berendezés atmoszája a membrán regenerálásának céljából.

### 5.3. Lebegőanyagtartalom meghatározás

A lebegőanyag tartalom meghatározásához először lemértem a száraz szűrőpapírok tömegét, majd átszűrtem a mintákból 200 mL mennyiséget. A lebegőanyagtartalmat a kezdeti betáplált csurgalékvízből, valamint a kétlépcsős tisztítási technológia eredményeképpen kapott permeátumból és retentátumból határoztam meg mg/L koncentrációban. A mért adatokat az 2. táblázat szemlélteti.

**2. táblázat:** Lebegőanyag tartalom meghatározáshoz mért adatok (Forrás: saját munka)

	Betáplált csurgalékvíz	Retentátum	Permeátum
Minták mennyisége	200mL	200mL	200mL
Száraz szűrőpapír tömege	0,4982g	0,5270g	0,5039g

Tömegállandóságig szárított szűrőpapír és lebegőanyag együttes tömege	0,5075g	0,5364g	0,5086g
Lebegőanyag tömege	0,0093g	0,0094g	0,0047g
<b>Lebegőanyag tartalom</b>	<b>46,5 mg/L</b>	<b>47 mg/L</b>	<b>23,5 mg/L</b>

A 2.táblázatból jól látható, hogy a folyamat végére a lebegőanyag tartalom a kiindulási adatokhoz képes felére csökkenthető. A lebegőanyag a minta fizikai megjelenésében is látványos eltéréseket okoz ugyanis a vízben nem oldódó komponensek zavarossá, opálossá és sárgás színűvé teszik a vízmintát amennyiben nagy koncentrációban vannak jelen. A kezdeti 46,5 mg/l lebegőanyag tartalom következtében a minta szemmel láthatóan is zavaros volt, míg a folyamat végén a szűrlet 23,5mg/L koncentrációban tartalmazott nem oldódó anyagokat, amelyek gyakorlatilag szemmel nem láthatóak így a minta fizikai megjelenésében a kereskedelemben forgalmazott ásványvizek áttetszőségével volt egyenértékű.

A mért adatokból látható, hogy a folyamat végén a sűrítményben feldúsult a vízben nem oldódó anyagok koncentrációja mivel a permeátum esetében a lebegőanyag tartalom 47mg/L volt.

## 5.4. Vízmintha vizsgálat

A vízminták bevizsgálásáról szóló jegyzőkönyveket a betáplált csurgalékvíz (Minta azonosító: 2023/04691) eredményeiről a 1.számú Melléklet, a keletkező permeátum (Minta azonosító: 2023/04692) adatairól a 2.számú Melléklet tartalmazza.

Mind a két minta esetében a kapott adatokat táblázatokba rendeztem majd a vonatkozó határértékeknek megfelelően vontam le következtetéseket (5/2023. (I.12.) Korm.rendelet, 2023) alapján.

### 5.4.1. Bakteriológiai vizsgálat

A minták bakteriológiai vizsgálati eredményeit a 3.táblázat tartalmazza.

**3. táblázat:** Vízmintha bakteriológiai vizsgálat eredmények az ivóvizekre vonatkozó határértékek feltüntetésével (Forrás: saját munka)

Vizsgálat megnevezése	2023/04691	2023/04692	Vonatkozó határérték
	Betáp	Permeátum	
Coliform baktérium szám	3 /100mL	<1 /100mL	0 /250mL

Escherichia coli szám	<1 /100mL	<1 /100mL	0 /250mL
Enterococcus szám	0 /100mL	0 /100mL	0 /250mL
Pseudomonas aeruginosa szám	0 /100mL	0 /100mL	0 /250mL
Telepszám 22°C -on	400000 /mL	40 /mL	100 /mL
Telepszám 37°C -on	120000 /mL	43 /mL	20 /mL
Clostridiumok	0 /mL	0 /mL	*
Salmonella (500mL mintában)	Negatív	Negatív	
Fekális coliform szám	<1 /100mL	<1 /100mL	

\*A Kormányrendeletben nincsen megjelölve határérték ezekre a paraméterekre vonatkozóan (5/2023. (I.12.) Korm.rendelet, 2023)

A 3.táblázat értékei alapján látható, hogy a betáplált csurgalékvízhez képes milyen eredményeket tudtam elérni a kétlépcsős kombinált membránszűrési technológia alkalmazásával. A csurgalékvíz esetében a telepszám 22°C-on 4000-szerese, 37°C-on a 6000-szerese a határértékben foglalt értékeknek, míg a permeátum telepszáma 22°C-on a megengedett értéken belül van, 37°C-on pedig a kétszerese a meghatározott mennyiségnek. A szűrletben azonban továbbra is kimutatható volt a *Coliform baktérium*, *Escehrichia coli* és *Fecal coli*.

Ezen adatokból arra következtethetünk, hogy a membránszűrés hatékony a baktériumok kiszűrésében, azonban minden esetben szükséges a rendszer sterilizálása, hogy a csövezetekben ne tudjon kialakulni lappangó víz, amely hozzájárulhat a vízben lévő baktériumok biofilm képzéséhez. Fontos továbbá, hogy a teljes technológia esetében biztosítani lehessen a zárt rendszer kialakítását, hogy a levegőben található mikroorganizmusok ne kerülhessenek be a már megtisztított vízbe.

#### 5.4.2. Kémiai vizsgálat

A minták kémiai vizsgálati eredményeit a 4.táblázat tartalmazza.

**4. táblázat:** Vízminta kémiai vizsgálat eredmények az ivóvizekre vonatkozó határértékek feltüntetésével (Forrás: saját munka)

Vizsgálat megnevezése	2023/04691	2023/04692	Vonatkozó határérték
	Betáp	Permeátum	
Ammónium	0,07 mg/L	<0,02 mg/L	0,5 mg/L
Keménység	199 mg/L CaO	126 mg/L CaO	50-350 mg/L CaO
Klorid	42 mg/L	38 mg/L	250 mg/L

Mangán	204 µg/L	<10 µg/L	50 µg/L
m-lúgosság	3,91 mmól/L	3,4 mmól/L	*
Nitrát	96,3 mg/L	86,3 mg/L	50 mg/L
Nitrit	0,03 mg/L	0,02 mg/L	0,5 mg/L
Összes foszfát	0,81 mg/L	<0,02 mg/L	*
Összes szerves szén (TOC)	20,6 mg/L	1920 mg/L	**
Permanganát index (KOIps)	18,5 mg/L	158 mg/L	5,0 mg/L O <sub>2</sub>
pH (25°C)	7,63	8,27	6,5 – 9,5
Szín	Opálos	Szintelen	***
Vas	<50 µg/L	<50 µg/L	200 µg/L
Vezetőképesség (20°C)	775 µS/cm	534 µS/cm	2500 µS/cm
Zavarosság	5,36	0,34	***

\*A Kormányrendeletben nincsen megjelölve határérték ezekre a paraméterekre vonatkozóan

\*\* A Kormányrendeletben nincs konkrét érték megjelölve, szöveges értékelés vonatkozik rájuk: „Nincs szokatlan változás”

\*\*\* A Kormányrendelet a következőt fogalmazza meg ezen paraméterekre: „Elfogadható a fogyasztók számára, rendellenes eltérés, szokatlan változás nélkül” (5/2023. (I.12.) Korm.rendelet, 2023)

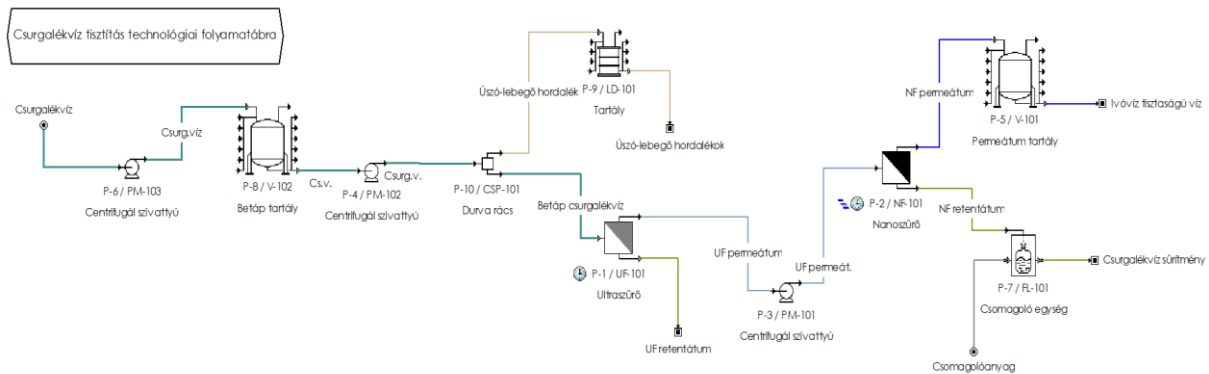
A 4. táblázatból látható, hogy a permeátum esetében kimagasló volt a TOC vagyis az összes szerves szén, illetve a permanganátos kémiai oxigénigény (KOIps) érték, amit a berendezésben a mosási és fertőtlenítési eljárások után visszamaradt szerves vegyületek okoztak ezért ezen két paramétert nem lehet figyelembe venni a szűrlet esetében mivel nem tükrözik a minta összetételét. Ezen paramétereken kívül látható, hogy a permeátum a nitrát kivételével minden kémiai vizsgálatban a határértékeken belüli eredményekkel rendelkezik. A fizikai megjelenésére vonatkozó paraméterek a szín és a zavarosság esetében jól látható javulást tudtam elérni, ugyanis a csurgalékvíz opálos minősítést kapott a magas lebegőanyag tartalma miatt, valamint a zavarosság vizsgálat során is 5,36 volt a mért eredmény, ami szintén a magas lebegőanyag koncentrációval magyarázható (17.ábra).



**17. ábra:** A bevizsgáltatott vízminták - Bal oldalon a permeátum, jobb oldalon a csurgalékvíz (Forrás: saját munka)

Mind két minta esetében a határértéken felüli volt a nitrát koncentráció. Mivel felszíni víz üledékéből keletkező csurgalékvíz mintát vizsgáltunk ezért a talajból és az iszaptól beoldódó nitrát ezen vizsgálat során is kimutatható volt. A permeátum esetében látható, hogy az UF- NF membránszűrés csökkenteni tudja a nitrát koncentrációt kis mértékben, azonban önmagában ez a kezelés nem elegendő. Az ivóvíz minőségű víz eléréséhez szükséges még egy technológiai elem beépítése ezen technológiai folyamatba, amely alkalmas a nitrát kiszűrésére, mint például a kicsapatás, koagulálás alkalmazása.

## 5.5. SuperPro Designer® folyamattervezés



**18. ábra:** Csurgalékvíz tisztítási technológia folyamatábrája - SuperPro Designer® (Forrás: saját munka)

A SuperPro Designer® programban elkészített „Csurgalékvíz tisztítás technológiai folyamatára” a 18. ábrán került bemutatásra. A szoftver segítségével az általam elvégzett mérések üzemi megvalósíthatóságának lehetőségeit vizsgáltam. A folyamat kiindulási anyaga a zagykazettákban keletkező csurgalékvíz, a végtermékek pedig az ultra- és nanoszűrés során keletkező sűrítmények, illetve a nanoszűrő permeátuma (ivóvíz tisztaságú víz).

A szoftver meghatározza a gazdasági teljesítménymutatókat az alkalmazott technológiára vonatkozóan, amelyet a „View” menüpontban az „Executive Summary” pontra kattintva lehet megtekinteni. Jelen beállítási paraméterek mellett a projekt beruházási költségeinek becslött értéke 2 428 611 830 Ft, amely érték a tényleges megvalósítás során eltérhet az itt meghatározottól a berendezések árától függően. A program által számolt beruházási költség magába foglalja a telepítés, csövezés, épületenergetika, ingatlan vásárlás díját. Továbbá a beruházási költségekbe a program beépíti a mérnöki munkadíjat és a tervezés költségeit. A projekt esetében 7,41%-os bruttó árréssel „Gross Margin” dolgoztam, amely azt mutatja meg, hogy ha értékesítésre kerülne a folyamatban keletkező retentátum, a kiadási költségek figyelembevételével, mekkora lenne a haszon a termékek eladásából. A befektetésre vetített megtérülés 26,23% (Return on Investment – ROI) amely a befektetés hatékonyságáról ad visszajelzést a költségekhez mérten. Önmagában nem elegendő a technológiai minősítésére, de más eljárással összehasonlítva az bizonyul kedvezőbbnek, amely magasabb ROI értékkel rendelkezik, így viszonyítási alapot tud képezni a technológia módosításához és optimalizálásához. Ezen kívül fontos gazdasági mutató a nettó jelenérték (net present value – NPV) amelyet a SuperPro Designer ® 7%-os diszkontráta mellett határozott meg. A nettó jelenérték segít a pénzmozgások időbeli áthidalásában, mivel a kiindulási költségeket veti össze a jövőbeli kiadásokkal és bevételekkel. A diszkontráta vagy kamatláb értéke az időbeli különbségeket egyenlíti ki az NPV kiszámításában. A nettó jelenérték 2 461 586 990 Ft, mely alapján elmondható, hogy a beruházás megéri jelen esetben mivel a kiindulási tőkét kivonva pozitív értéket kapunk, vagyis megtérül a beruházás (McNulty M. J., 2022).

A teljes technológiai folyamat automatizálható így minimális munkaerő igény szükséges, a modellben 3 operátor dolgozik egy műszakban a teljes folyamatban. Az egy műszakban dolgozó operátorok feladatait három tevékenységi körre osztottam, így egy ember felügyeli a fő folyamatot, vagyis a membránszűrést, míg a másik két operátor a csomagoló részen, illetve az előszűrés műveleti egységénél dolgozik.

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

### Következtetések

Az elért eredményekből látható, hogy a technológia alkalmazható bármely felszíni tó vagy folyó üledékéből keletkező csurgalékvíz tisztítására. Valamint, hogy a keletkező permeátum minőségét tekintve visszavezethető a felszíni vizekbe, alkalmazható agrár szektorban termőterületek öntözésére, illetve a feldolgozási technológia javításával akár ivóvízként is szolgálhat.

### Javaslatok

- A permeátum magas nitrát koncentrációja miatt nem alkalmas emberi fogyasztásra mivel methemoglobinémiát okozhat. Azonban a kétfokozatú membránszűrési technológiát megelőzően egy előkezelési eljárással eltávolíthatóak a vízből. Ezen célból alkalmazható fordított ozmózis, ioncserélő gyanták, desztilláció, kicsapatás vagy koagulálószerekkel történő előkezelés.
- A technológia zárt folytonos rendszerben zajlik, ezért a berendezésekben, valamint az őket összekötő csővezetékben is elkerülhetetlen a lappangó víz kialakulása. A lappangó víz elősegíti a mikroorganizmusok biofilm képzési folyamatát, melyek eltávolításához nem bizonyul elegendőnek a lúgos és savas mosási folyamat. Ezért a technológia alkalmazásához elengedhetetlen a megfelelő tisztítási és fertőtlenítési eljárás kidolgozása, hogy hosszú távon is biztosítani lehessen a permeátum ivóvíz szintű minőségét.
- A folyamat optimalizálásához további mérések elvégzése javasolt bizonyos mérési paraméterek módosításával, például a nanoszűrés esetében a fluxus értékek növelésének érdekében magasabb transzmembrán nyomás alkalmazása.
- A technológia univerzális megvalósítási lehetőségeinek feltérképezése Magyarország teljes területén.
- Sok lehetőséget rejthet magában a technológia végeredményeképpen kapott retentátum is, hiszen makro- és mikrotápanyagokban gazdag, ezért érdemes lehet további vizsgálatokat végezni az összetételét illetően. Az eredmények függvényében kidolgozni a további feldolgozási eljárásokat, valamint a felhasználási lehetőségeket feltérképezni.
- Környezeti és gazdasági hatások monitorozása a technológia alkalmazása során.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A Balaton eutrofizációjának valamint az algavirágzásért felelős baktériumok elszaporodásának visszaszorítása érdekében időszakosan mederkotrást végeznek, hogy csökkentsék az üledék és a benne található foszfor és nitrogén mennyiségét. A mederkotrások során kigyűjtött iszap zagykazettákban kerül elhelyezésre, amely jelentős környezetterheléssel jár. Az iszap ülepedése során keletkező csurgalékvíz, tisztítását követően, felhasználható lenne az agrárszektorban öntözésre vagy a Balaton vízminőségének javítására.

A munkám céljával egy olyan technológia megvalósítását és elemzését tűztem ki célul, amely alkalmas a balatoni iszaptól keletkező csurgalékvíz szofisztikált tisztítására.

A vízkezelést egy kétlépcsős folyamatos ultraszűrő-nanoszűrő rendszerrel valósítottam meg.

A kombinált technológia végén keletkező szűrletben, sűrítményben és a betáplált csurgalékvízben is meghatároztam a lebegőanyag tartalmát. A betáplált szennyvizet, valamint a permeátumot akkreditált laboratórium által vizsgáltattam be, hogy a szűrlet megfelel-e az ivóvizekkel szemben támasztott minőségi paramétereknek és határértékeknek. A kapott eredményeket a vonatkozó határértékek alapján értékeltem.

Az szűrés eredményeként a telepszámok 400 000 TKE/mL-ről és 120 000 TKE/mL-ről, 40 TKE/mL-re és 43 TKE/mL-re csökkentek le, amelyek a berendezések megfelelő mosásával és sterilizálási eljárásának kidolgozásával az ivóvizekre vonatkozó határértékeken belül tarthatóak. A tisztítási folyamat sikeres volt ugyanis a víz fizikai megjelenését meghatározó paraméterek (szín, zavarosság, lebegőanyag tartalom) esetében jelentős változásokat sikerült elérnem. A lebegőanyag tartalom a kiindulási csurgalékvíz mintában mért 46,5 mg/L-hoz képest közel a felére csökkent, 23,5 mg/L-re.

A folyamat modellezése képet adott arról, hogy a technológia üzemi körülmények között megvalósítható és a gazdasági teljesítmény mutatók alapján hatékony és megtérülő eljárásnak mondható. A modell felhasználása pedig támpontot adhat a műveletek hatásfokának növeléséhez, a berendezések méretezéséhez, valamint a folyamat optimalizálásához.

Összegzésként elmondható, hogy további vizsgálatok elvégzése szükséges a technológia univerzális megvalósítása, illetve a Magyarországi felszíni vizekre való alkalmazásának esetében. A továbbiakban majd szeretném az eljárás gazdasági és környezeti hatásait vizsgálni, hogy hozzá tudjunk járulni a fenntartható vízgazdálkodás megvalósításához.



## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

1. 5/2023. (I.12.) Korm.rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2300005.kor>
2. Aani S. A., Mustafa T. N., Hilal N., (2020): Ultrafiltration membranes for wastewater and water process engineering: A comprehensive statistical review over the past decade. Journal of Water Process Engineering  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101241>
3. Abdel – Fatah M. A., (2018): Nanofiltration systems and applications in wastewater treatment: Review article. Ain Shams Engineering Journal  
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2018.08.001>
4. Baderna D., Caloni F., Benfenati E., (2019): Investigating landfill leachate toxicity in vitro: A review of cell models and endpoints, Environment International, Volume 122, Pages 21-30  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.024>
5. Bélafiné B. K., Nemestóthy N., (2020): Membrános műveletek, Pannon Egyetem, Veszprém
6. Bergman E., (2016): Evaluation of the software SuperPro Designer through simulation of a biohydrogen production process, Division of Biotechnology, Lund University – Faculty of Engineering, Master thesis 2016
7. Beyer D. E., Varga M., Fazekas P., Pánczél J. K., (2023): Distribution of Pb, Sr, and U isotopic signature and multielement composition of sediment in Lake Balaton (Hungary) at sediment trap deep dredged 40 years ago near Balatongyörök – search for routes of recent pollution, Environmental Science and Pollution Research  
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-25120-z>
8. Canizales L., Rojas F., Pizarro C. A., Caicedo-Ortega N. H., Villegas-Torres M. F., (2020): SuperPro Designer®, User-Oriented Software Used for Analyzing the Techno-Economic Feasibility of Electrical Energy Generation From Sugarcane Vinasse in Columbia, Processes 2020, 8(9), 1180  
<https://doi.org/10.3390/pr8091180>

9. Chunyang H., Zhifeng L., Jianguo W., Xinhao P., Zihang F., Jingwei L., Brett A. B., (2021): Future global urban water scarcity and potential solutions, Nature Communications 12, Article number 4667, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25026-3>
10. Chunying T., Kanggen Z., Changhong P., Wei C., (2021): Characterization and treatment of landfill leachate: A review, Water Research, Volume 203, 117525 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117525>
11. Dr. Takács J., (2011): Csugalékvíz és tisztítása, A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 81.kötet
12. Ezugbe E. O., Rethilal S., (2020): Membrane Technologies in Wastewater Treatment: A Review, Membranes 2020, 10(5), 89 <https://doi.org/10.3390/membranes10050089>
13. Goswami K. P., Pugazhenth G., (2020): Credibility of polymeric and ceramic membrane filtration in the removal of bacteria and virus from water: A review, Journal of Environmental Management, Volume 268, 110583 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110583>
14. Hassimi A. H., Mohd H. M., Nur'Izzati I., (2020): A review of biological drinking water treatment technologies for contaminants removal from polluted water resources, Journal of Water Process Engineering, Volume 33, 101035 <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101035>
15. Hilla S., Shlomo W., Raphael S., (2023): Challenges and Solutions for Global Water Scarcity, Membranes 2023, 13(6), 612, <https://doi.org/10.3390/membranes13060612>
16. Ho J.C., Michalak A.M., Pahlevan N., (2019): Widespread global increase in intense lake phytoplankton blooms since the 1980s, Nature 574, 667. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1648-7>
17. Internet 1: Országos Vízügyi Főigazgatóság közbeszerzési pályázata – Balaton vízminőség-védelem iszapkotrás I/2. ütem [https://kozbeszerzes.hu/adatbazis/megtekint/hirdetmeny/portal\\_18160\\_2022/](https://kozbeszerzes.hu/adatbazis/megtekint/hirdetmeny/portal_18160_2022/)

18. Internet 2: Intelligen, Inc. – SuperPro Designer® termék jellemzői  
<https://www.intelligen.com/products/superpro-product-features/>
19. Internet 3: Hidrofilt Vízkezelést Tervező és Kivitelező Kft. honlapja  
<https://hidrofilt.com/>
20. Istvánovics V., Honti M., Torma P., Kousal J., (2022): Record-setting algal bloom in polymictic Lake Balaton (Hungary): A synergistic impact of climate change and (mis)management, *Freshwater Biology*, Volume 67, Issue 6, Pages 1091-1106  
<https://doi.org/10.1111/fwb.13903>
21. Kutai R. D., Baranya S., Török G. T., (2014): Pontbeli zavarosság mérésen alapuló hordalékhozam becselő eljárás implementálása a Dunára, Tudományos Diákköri Konferencia dolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
22. Kutics K., (2019): Evolution of Water Quality of Lake Balaton, *Ecocycles*, Vol. 5, No. 2, pp. 44-73, ISSN 2416-2140  
<https://doi.org/10.19040/ecocycles.v5i2.149>
23. Liu Z., Wu W., Shi P., Gou J., Cheng J., (2015): Characterization of dissolved organic matter in landfill leachate during the combined treatment process of air stripping, Fenton, SBR and coagulation, *Waste Management*, Volume 41, Pages 111-118  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.044>
24. Madsen H. T., (2014): Membrane Filtration in Water Treatment – Removal of Micropollutants, *Chemistry of Advanced Environmental Purification Processes of Water – Fundamentals and Applications*, (pp. 199-248), Edition:1, Chapter:6  
DOI:10.1016/B978-0-444-53178-0.00006-7
25. McNulty M. J., Nandi S., McDonald K. A., (2022): Technoeconomic Modeling and Simulation for Plant-Based Manufacturing of Recombinant Proteins, *Recombinant Proteins in Plants* pp 159-189  
[https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2241-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2241-4_11)
26. Mezősi G., (2017): The Physical Geography of Hungary, *Geography of the Physical Environment*  
DOI 10.1007/978-3-319-45183-1\_3

27. MSZ 448/33-85 Ivóvízvizsgálat. Lebegőanyag-tartalom meghatározása. Hatálybalépés időpontja: 1985.július 1. Budapest, Magyar Szabványügyi Hivatal, 1985
28. MSZ 448/46-1988 Ivóvízvizsgálat. Mintavétel és tartósítás. Hatálybalépés időpontja: 1989.október 1. Budapest, Magyar Szabványügyi Hivatal, 1988
29. Pendahteh A. R., Fakhru'l-Razi A., Madaeni S. S., Abdullah L. C., Abidin Z. Z., Biak D. R. A., (2011): Membrane foulants characterization in a membrane bioreactor (MBR) treating hypersaline oily wastewater, *Chemical Engineering Journal*, Volume 168, Issue1, Pages 140-150  
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.12.053>
30. Sha J., Xiong H., Li C., Lu Z., Zhang J., Zhong H., Yan B., (2021): Harmful algal blooms and their eco-environmental indication, *Chemosphere*, 274, 129912.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129912>
31. Shi X., Tal G., Hankins N. P., Gitis V., (2014): Fouling and cleaning of ultrafiltration membranes: A review, *Journal of Water Process Engineering*  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.04.003>
32. Stephens G. L., Slingo J. M., Rignot E., Reager J. T., Hakuba M. Z., Durack P. J., Worden J., Rocca R., (2020): Earth's water reservoirs in a changing climate, *Proceedings of the Royal Society A, Mathematical, Physical and Engineering Sciences* , 476:20190458,  
<https://doi.org/10.1098/rspa.2019.0458>
33. Takács, L., (2010): A membránszeparáció szerepe borok alkoholcsökkentésében és ipari alkoholdehidratációjában, PhD dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
34. Xiao X., Agusti S., Pan Y., Yu Y., Li K., Wu J., (2019): Warming amplifies the frequency of harmful algal blooms with eutrophication in Chinese coastal waters, *Environ. Sci. Technol.* 53, 13031-13041  
<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03726>
35. Yang X., Meng L., Meng F., (2019): Combination of self-organizing map and parallel factor analysis to characterize the evolution of fluorescent dissolved organic matter in a full – scale landfill leachate treatment plant, *Science of The Total Environment*, Volume 654, Pages 1187-1195  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.135>

## ÁBRA JEGYZÉK

1. <b>ábra:</b> Hulladékdepónia vízforgalma .....	10
2. <b>ábra:</b> Balatoni iszapból keletkező csurgalékvíz .....	11
3. <b>ábra:</b> A nyomás és a koncentráció változása keresztáramú membránszűrésnél.....	14
4. <b>ábra:</b> Kétlépcsős folyamatos UF-NF membránszűrő rendszer sematikus ábrája .....	18
5. <b>ábra:</b> Kétlépcsős folyamatos UF-NF membránszűrő rendszer megvalósítása .....	18
6. <b>ábra:</b> Lebegőanyag tartalom meghatározás .....	21
7. <b>ábra:</b> SuperPro Designer® felhasználói felülete - Unit Procedures .....	23
8. <b>ábra:</b> SuperPro Designer ® szerkesztőléc menüpontjai .....	23
9. <b>ábra:</b> Csurgalékvíz minta fluxusváltozása a szűrési idő függvényében .....	25
10. <b>ábra:</b> Csurgalékvíz minta fluxusváltozása a besűrítési arány (VRR) függvényében.....	26
11. <b>ábra:</b> Besűrítés előtti (mosás utáni) tisztavíz fluxus a TMP függvényében .....	27
12. <b>ábra:</b> Besűrítés utáni tisztavíz fluxus a TMP függvényében.....	27
13. <b>ábra:</b> Permeátum fluxusváltozása a nanoszűrés során a szűrési idő függvényében .....	28
14. <b>ábra:</b> Permeátum fluxusváltozása a nanoszűrés során a besűrítési arány (VRR) függvényében .....	29
15. <b>ábra:</b> Besűrítés előtti (mosás utáni) tisztavíz fluxus a TMP függvényében .....	30
16. <b>ábra:</b> Besűrítés utáni tisztavíz fluxus a TMP függvényében.....	31
17. <b>ábra:</b> A bevizsgáltatott vízminták - Bal oldalon a permeátum, jobb oldalon a csurgalékvíz .....	35
18. <b>ábra:</b> Csurgalékvíz tisztítási technológia folyamatábrája - SuperPro Designer® .....	35

## TÁBLÁZAT JEGYZÉK

1. <b>táblázat:</b> Membránműveletek típusai az alkalmazott nyomáskülönbségek szerint .....	13
2. <b>táblázat:</b> Lebegőanyag tartalom meghatározáshoz mért adatok.....	31
3. <b>táblázat:</b> Vízminta bakteriológiai vizsgálat eredmények az ivóvizekre vonatkozó határértékek feltüntetésével.....	32
4. <b>táblázat:</b> Vízminta kémiai vizsgálat eredmények az ivóvizekre vonatkozó határértékek feltüntetésével.....	33

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőim, Dr. Csighy Attila (Egyetemi tanársegéd) és Dr. Koris András (Egyetemi tanár) felé, akik szakmai tudásukkal és önzetlen segítségükkel támogattak a dolgozatom elkészítése során.

Továbbá köszönöm szépen az Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés Tanszék valamennyi oktatójának és dolgozójának odaadó munkáját és támogatását.

Szeretném megköszönni a Budapest Főváros Kormányhivatala – Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi Osztályának, hogy elvégezték a vízmintáim kémiai és bakteriológia vizsgálatát.

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Tématerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg.

# MELLÉKLETEK

## 1.Számú melléklet: 2023/04691 számú minta – csurgalékvíz (betáp) vizsgálati jegyzőkönyv



1/2 oldal

### BUDAPEST FŐVÁROS KORMÁNYHIVATALA

NÉPEGÉSZSÉGÜGYI FŐOSZTÁLY

#### Vizsgálati jegyzőkönyv

Iktatószám: **2023/04691** Kód: Megrendelő: Cseke Tamara  
Minta származása: ZM Tározó csurgalékvíz - eredeti tározóból vett minta Budapest  
(Betáp) Rákóczi utca 27.  
8313 Balatonyörök 1203

A mintát vette: Cseke Tamara  
Nem akkreditált mintavétel

Mintavétel: 2023. 09. 20. Átvétel: 2023. 09. 20. 16:00 Vizsgálat időtartama: 2023. 09. 20. - 09.28. Kiadás: 2023. 09. 28.

#### **Bakteriológiai vizsgálatok:**

Min	Vizsgálat	Erték	Mértékegység	Szabvány
	Coliform baktérium szám	3	/100 mL	MSZ ISO 9308-1:1993 (visszavont szabvány)
	Escherichia coli szám	<1	/100 mL	MSZ ISO 9308-1:1993 (visszavont szabvány)
	Enterococcus szám	0	/100 mL	MSZ EN ISO 7899-2:2000
	# Pseudomonas aeruginosa szám	0	/100mL	MSZ EN ISO 16266:2008
	Teleszám 22°C-on	400000	/1mL	MSZ ISO 6222:2000
	Teleszám 37°C-on	120000	/1mL	MSZ ISO 6222:2000
	Clostridiumok	0	/50mL	MSZ EN 26461-2:1994
	Fekál coliform szám	<1	/100ml	MSZ ISO 9308-1:1993 (visszavont szabvány)
	Salmonella	negatív	500mL	MSZ 448-44:1990

#### **Kémiai vizsgálatok:**

Min	Vizsgálat	Erték	Mértékegység	Szabvány
	# Zavarosság	5,36		vizuális vizsgálat
	# Szín	opálos		MSZ EN ISO 7887:1998 2. fejezet (visszavont szabvány)
	Permanganát index (KOI <sub>ps</sub> )	18,5	mg/l	MSZ 448-20:1990
	Klorid	42	mg/l	MSZ 1484-15:2009
	Nitrát	96,3	mg/l	MSZ 1484-13:2009 5. fejezet
	Nitrit	0,03	mg/l	MSZ EN 26777:1998
	Ammónium	0,07	mg/l	MSZ ISO 7150-1:1992
	m-lúgosság	3,91	mmól/l	MSZ 448-11:1986
	Keménység	199	mg/l CaO	MSZ 448-21:1986 3. fejezet
	Vas	<50	µg/l	MSZ 448-4:1983 2. fejezet (visszavont szabvány)
	Mangán	204	µg/l	MSZ 1484-3:1998 6.p.
	Vezetőképesség	775	µS/cm (20 °C)	MSZ EN 27888:1998
	pH (25 °C)	7,63		MSZ 1484-22:2009
	Szag	0		
	Összes szerves szén (TOC)	20,6	mg/l	MSZ EN 1484:1998
	Összes foszfát	0,81	mg/l	MSZ 448-18:2009

Laboratóriumi Osztály  
1138 Budapest, Váci út 174. -1550 Budapest, Pf. 203. - Telefon: +36 (1) 465-3829  
E-mail: kozeg.biolabor@nfo.bfk.gov.hu - Honlap: www.kormanyhivatal.hu

A NAH által NAH-1-1362/2019 számon akkreditált vizsgálatlaboratórium.



2/2 oldal

BUDAPEST FŐVÁROS  
KORMÁNYHIVATALA  
NÉPEGÉSZSÉGÜGYI FŐOSZTÁLY

Vizsgálati jegyzőkönyv

Iktatószám: **2023/04691** Kód: Megrendelő:  
Minta származása: ZM Tározó csurgalékvíz - eredeti tározóból vett minta Cseke Tamara  
(Betáp) Budapest  
8313 Balatongyörök Rákóczi utca 27.  
1203

A mintát vette: Cseke Tamara  
Nem akkreditált mintavétel

Mintavétel: 2023. 09. 20. Átvétel: 2023. 09. 20. 16:00 Vizsgálat időtartama: 2023. 09. 20. - 09.28. Kiadás: 2023. 09. 28.

# - Nem akkreditált vizsgálat.

A mintavétel szakszerűségéért és a minta azonosságáért a mintavevő vállal felelősséget.

A közölt vizsgálati eredmények kizárólag a vizsgált mintára vonatkoznak.

A Vizsgálati jegyzőkönyvet a vizsgáló laboratórium engedélye nélkül csak teljes terjedelmében lehet lemásolni, kivonatolásához a kiadványozó írásos engedélyre van szükség.

Aláírással pecsét nélkül hiteles.

Budapest, 2023. 09. 28.

  
Vargáné Konyha Edit  
kémiai laboratóriumi irányító

  
Dr. Kovács Gábor  
osztályvezető

Laboratóriumi Osztály  
1138 Budapest, Váci út 174. -1550 Budapest, Pf. 203. - Telefon: +36 (1) 465-3829  
E-mail: kozeg.biolabor@nfo.bfkh.gov.hu - Honlap: www.kormanyhivatal.hu

A NAH által NAH-1-1362/2019 számon akkreditált vizsgálólaboratórium.



## 2.Számú melléklet: 2023/04692 számú minta – permeátum (szűrlet) vizsgálati jegyzőkönyv



1/2 oldal

BUDAPEST FŐVÁROS  
KORMÁNYHIVATALA  
NÉPEGÉSZSÉGÜGYI FŐOSZTÁLY

### Vizsgálati jegyzőkönyv

Iktatószám: **2023/04692** Kód: Megrendelő:  
Minta származása: ZM Tározó Cseke Tamara  
csurgalékvíz - tisztított vízminta (Permeátum) Budapest  
8313 Balatonyörök Rákóczi utca 27.  
1203  
A mintát vette: Cseke Tamara  
Nem akkreditált mintavétel  
Mintavétel: 2023. 09. 20. Átvétel: 2023. 09. 20. 16:00 Vizsgálat időtartama: 2023. 09. 20. - 09.28. Kiadás: 2023. 09. 28.

#### Bakteriológiai vizsgálatok:

Min	Vizsgálat	Erték	Mértékegység	Szabvány
	Coliform baktérium szám	<1	/100 mL	MSZ ISO 9308-1:1993 (visszavont szabvány)
	Escherichia coli szám	<1	/100 mL	MSZ ISO 9308-1:1993 (visszavont szabvány)
	Enterococcus szám	0	/100 mL	MSZ EN ISO 7899-2:2000
	# Pseudomonas aeruginosa szám	0	/100mL	MSZ EN ISO 16266:2008
	Telepszám 22°C-on	40	/1mL	MSZ ISO 6222:2000
	Telepszám 37°C-on	43	/1mL	MSZ ISO 6222:2000
	Clostridiumok	0	/50mL	MSZ EN 26461-2:1994
	Fekál coliform szám	<1	/100ml	MSZ ISO 9308-1:1993 (visszavont szabvány)
	Salmonella	negatív	500mL	MSZ 448-44:1990

#### Kémiai vizsgálatok:

Min	Vizsgálat	Erték	Mértékegység	Szabvány
	# Zavarosság	0,34		vizuális vizsgálat
	# Szín	szintelen		MSZ EN ISO 7887:1998 2. fejezet (visszavont szabvány)
	Permanganát index (KOIps)	158	mg/l	MSZ 448-20:1990
	Klorid	38	mg/l	MSZ 1484-15:2009
	Nitrát	86,3	mg/l	MSZ 1484-13:2009 5.fejezet
	Nitrit	0,02	mg/l	MSZ EN 26777:1998
	Ammónium	<0,02	mg/l	MSZ ISO 7150-1:1992
	m-lúgosság	3,40	mmól/l	MSZ 448-11:1986
	Keménység	126	mg/l CaO	MSZ 448-21:1986 3. fejezet
	Vas	<50	µg/l	MSZ 448-4:1983 2.fejezet (visszavont szabvány)
	Mangán	<10	µg/l	MSZ 1484-3:1998 6.p.
	Vezetőképeség	534	µS/cm (20 °C)	MSZ EN 27888:1998
	pH (25 °C)	8,27		MSZ 1484-22:2009
	Szag	0		
	Összes szerves szén (TOC)	1920	mg/l	MSZ EN 1484:1998
	Összes foszfát	<0,2	mg/l	MSZ 448-18:2009

Laboratóriumi Osztály  
1138 Budapest, Váci út 174. -1550 Budapest, Pf. 203. - Telefon: +36 (1) 465-3829  
E-mail: kozeg.biolabor@nfo.bfk.gov.hu - Honlap: www.kormanyhivatal.hu

A NAH által NAH-1-1362/2019 számon akkreditált vizsgálólaboratórium.



2/2 oldal

BUDAPEST FŐVÁROS  
KORMÁNYHIVATALA  
NÉPEGÉSZSÉGÜGYI FŐOSZTÁLY

Vizsgálati jegyzőkönyv

Iktatószám: 2023/04692 Kód: Megrendelő:  
Minta származása: ZM Tározó Cseke Tamara  
csurgalékvíz - tisztított vízminta (Permeátum) Budapest  
8313 Balatonyörök Rákóczi utca 27.  
1203  
A mintát vette: Cseke Tamara  
Nem akkreditált mintavétel  
Mintavétel: 2023. 09. 20. Átvétel: 2023. 09. 20. 16:00 Vizsgálat időtartama: 2023. 09. 20. - 09.28. Kiadás: 2023. 09. 28.

# - Nem akkreditált vizsgálat.

A mintavétel szakszerűségéért és a minta azonosságáért a mintavevő vállal felelősséget.

A közölt vizsgálati eredmények kizárólag a vizsgált mintára vonatkoznak.

A Vizsgálati jegyzőkönyvet a vizsgáló laboratórium engedélye nélkül csak teljes terjedelmében lehet lemásolni, kivonatolásához a kiadványozó írásos engedélyre van szükség.

Aláírással pecsét nélkül hiteles.

Budapest, 2023. 09. 28.

  
Vargány Konyha Edit  
kémiai laboratóriumi irányító

  
Dr. Kovács Gábor  
osztályvezető

Laboratóriumi Osztály  
1138 Budapest, Váci út 174. -1550 Budapest, Pf. 203. - Telefon: +36 (1) 465-3829  
E-mail: kozeg.biolabor@nfo.bfkh.gov.hu - Honlap: www.kormanyhivatal.hu

A NAH által NAH-1-1362/2019 számon akkreditált vizsgálólaboratórium.

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Cseke Tamara  
A Hallgató Neptun kódja: NBTCZT  
A dolgozat címe: Balatoni iszapból kinyert csurgalékvíz tisztításának technológiai modellezése, valamint felhasználásának vizsgálata  
A megjelenés éve: 2023  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

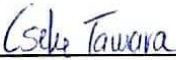
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023.11.02.

  
Hallgató aláírása

## KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

**Cseke Tamara** (hallgató Neptun azonosítója: **NBTCZT**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>3</sup>

Kelt: Budapest, 2023. 11. 02.



*Cseke Tamara*  
Belső konzulens

*[Signature]*  
Belső konzulens

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.