



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építőmérnöki Kar  
Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

## IVÓVÍZBÁZIS ÉS VÍZTISZTÍTÓ TELEP REKONSTRUKCIÓJÁNAK TERVEZÉSE

Készítette: **Dorkota Andrea**  
XNZZYP  
Infrastruktúra-építőmérnök mesterszak

Konzulens: **Dr. Laky Dóra**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
egyetemi docens

**Budapest,**  
**2023**

## TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS .....	3
2.	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	4
2.1.	Magyarország vízkészlete és ivóvize.....	4
2.2.	Vízkészletgazdálkodás és vízminőség szabályozás .....	5
2.3.	Víz tisztításhoz alkalmazható technológiák.....	7
2.3.1.	Fizikai módszerek.....	8
2.3.2.	Kémiai módszerek .....	10
2.3.3.	Biológiai módszerek .....	13
2.4.	Általános tervezési eljárás .....	15
2.4.1.	Regionális vízellátó rendszerek tervezése .....	15
2.4.2.	Méretezés.....	17
2.4.3.	Víz kitermelés.....	18
2.4.4.	Gépészeti berendezések, műtárgyak .....	19
2.4.5.	Vezetékek és szerelvények.....	20
2.4.6.	Tervezési költségek.....	21
3.	FELADAT KIDOLGOZÁSA.....	23
3.1.	Telephely jelenlegi állapota .....	23
3.1.1.	Rekonstrukció okának ismertetése .....	25
3.1.2.	Lehetséges technológiai megoldások .....	26
3.2.	Telephely tervezett állapota .....	27
4.	VIZSGÁLATI MÓDSZEREK .....	30
4.1.	Rendelkezésre bocsátott adatok .....	30
4.2.	Méretezés .....	33
4.3.	További számítások.....	40
5.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK .....	47
5.1.	Tervezés részletes ismertetése.....	47
5.1.1.	Víz kivétel, vízkormányzás .....	47
5.1.2.	Oxidáció (vas-mangántalanítás) .....	48
5.1.3.	Gyorsszűrés .....	49
5.1.4.	Fertőtlenítés .....	51
5.1.5.	Víztárolás.....	51
5.1.6.	Hálózati szivattyúzás .....	52
5.1.7.	Vegyszeradagolás.....	53
5.1.8.	Hulladékvíz kezelése .....	55
5.1.9.	Segédüzemek .....	56
5.1.10.	Vízminőség ellenőrzés .....	57
6.	ÖSSZEFOGLALÁS .....	58
7.	IDÉZETT FORRÁSMUNKÁK .....	59
8.	MELLÉKLETEK .....	60

## 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A víz, mint természeti kincs, napjaink igen fontos tényezőjévé vált. Az élőlények fenntartásának elengedhetetlen alapja; mind a növények által végzett fotoszintézishez, mind az állatok életben maradásához, mind pedig az emberek megfelelő életminőségéhez nélkülözhetetlen forrás. Ennek ellenére a jó minőségű vizek aránya nem csak hazánkban, hanem globális szinten is egyre aggasztóbb mértékben csökken. A témában jártas szakemberek már évtizedekkel a kimutatható vízminőségi értékek romlása előtt figyelmeztettek a napjainkra már bekövetkezett jelenségre. Komoly intézkedések születtek a témával kapcsolatban, mind globális szinten, mind pedig az Európai Unió és a magyarországi szabályozások által.

A gyenge/megfelelő/jó minőségű vizek hazánkban természetesen tekinthetőek. Magyarország folyó- és állóvizeire nem jellemző, hogy egészségkárosító hatást okoznak, sőt azok fizikai jellemzői (színe, szaga, zavarossága) sem adnak okot aggodalomra. Hazánkban iható a csapvíz, fogyasztása alapvetően nem jelent egészségügyi kockázatot (természetes akadnak kivételek is pl az ólom vagy a klorát-ion tekintetében). Ezek mind olyan elengedhetetlen tényezők, melyek a XXI. században sajnos nem minden országban tekinthetőek természetesnek. Ennek okai visszavezethetőek az érintett ország gazdasági helyzetére, természetvédelmi törekvéseire, elérhető legjobb technológiai fejlődés (BAT-Best Available Techniques) nyomon követésének hiányára, alkalmazott szakértők/ tudósok/ kutatók szakértelmére, valamint a természeti adottságokra.

Az évtizedek, évszázadok alatt elkövetett természetkárosító hatások, a túlnépesedés hatására növekvő természeti erőforrások iránti igények, valamint a klímaváltozás okozta hatások mind arra figyelmeztetnek, hogy a víz pótolhatatlan tényező, melynek minősége kulcsfontosságú. A világban a legnagyobb problémákat a megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvíz előállítása és biztosítása okozza. Ennek oka nem feltétlenül az adott ország vezetésének alkalmatlansága, hanem a helyi adottságok. Ha csupán sós tengervíz, szennyezett talajvíz és felszíni víz, magas szerves/szerves anyag tartalmú rétegvíz áll rendelkezésre az adott területen, akkor igen összetett és költséges víztisztító technológia kiépítésével lehet csak biztosítani az ivóvíz feltételeit.

Jelen dolgozatban egy olyan üzemelő telephelyet fogok vizsgálat alá vonni, melyen bemutathatók az ivóvíztisztítás feltételei, a jelenleg elérhető és alkalmazott technológiák, valamint a kivitelezéshez szükséges tervezés követelményei. Ezzel egy olyan tanulmány elkészítése a célom, mely összefoglalja az ivóvíz jelentőségét, összefüggéseit és átfogó képet nyújt egy ivóvíztisztító telep tervezésének fő lépéseiről.

## 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Magyarország vízkészlete és ivóvize

Magyarország –a kiemelkedő minőségű és mennyiségű vízkészletének köszönhetően– képes minden szükségletet és igényt magas fokon kielégíteni. Teljeskörű szolgáltatást tud biztosítani mind a helybéli lakók, mind a mezőgazdaság, mind pedig az ipar számára. Ivóvízellátásának tekintetében fő vízbázisa a partiszűrészű víz, a karsztvíz és a rétegvíz. Mivel jelen tanulmányban tárgyalt telephely karsztvízbázisra épült, csak az kerül részletes bemutatásra.

#### **Karsztvízbázis**

A karsztvizek a mezozoikum (földtörténeti középidő) kori kőzetekben és azok repedéseiben találhatóak meg. A karsztos kőzetek a korábban említett Pannon-tenger jelenlétének köszönhetőek, ugyanis a kőzet sajátossága, hogy tengeri üledékből alakult ki; ilyen a dolomit és a mészkő. Ezek a kőzetek jellemzően karbonátos tulajdonsággal és a repedéseknek köszönhetően jó vízelvezető képességgel rendelkeznek. Karsztvizek esetében beszélhetünk nyílt vagy fedett karsztvízről. Nyílt karsztvíz esetében a csapadék és a felszínről érkező egyéb vízforrás közvetlen kapcsolatban van a vízbázissal. Ebben az esetben a karsztvízbázist fedő kőzetréteg nem vízzáró. A kőzet törései/ hasadéakai, valamint a felszínen jelenlevő víznyelők képesek a felszínre lehulló csapadék elvezetésére. E folyamat járul hozzá a karsztvízbázis utánpótlásához (Holes et al. 2017). A felszínről érkező víz közvetlen beszivárgása magában rejti azt a veszélyt, hogy a repedések környezetében fellelhető szennyezőket is bemossa és elszennyezi az egész vízbázist. Fedett karsztvízről akkor beszélhetünk, ha a vízbázist olyan kőzetréteg fedi, mely vízzáró tulajdonságokkal rendelkezik, ezzel gátolva a felszínről érkező vizek közvetlen bejutását, védve a vízbázist. A karsztvíz összességében egy igen érzékeny és különösen tiszta vízbázisnak tekinthető, emberi fogyasztásra speciális technológia nélkül is alkalmas lehet (http1). A karsztvíz ugyan a legsérülékenyebb, de a legjobb ivóvízbázisnak tekinthető. Azonban egy intenzívebb csapadékeseményt követően a karsztvíz zavarosságának értéke megnövekszik. Ez a baktériumok felszaporodását eredményezi, így a baktériumszámban emelkedés tapasztalható. Ennek okán merülhet fel e vízbázisnál a technológiai víztisztítás igénye (pl. Miskolctapolcán membrántechnológiás vízkezelés került kiépítésre). Miskolc, Bükk és a Káli-Medence ivóvízkezelő telepei például karsztvízbázisra épültek.

## 2.2. Vízkészletgazdálkodás és vízminőség szabályozás

A vízkészletgazdálkodás céljai és feladatai közé sorolandó a vízkészlet feltárása és mennyiségének meghatározása, valamint a vízigények felmérése. Az eredmények alapján szükséges a vízgazdálkodási mérleg elkészítése és a számok összehangolása az egyensúlyra való törekvés érdekében. A vízmérleg a teljes vízgyűjtő területére vizsgálja vízháztartást. A mérleg egyik oldalán az utánpótlás/ hozzáfolyás (pl. csapadék) másik oldalán pedig a veszteség (pl. párolgás, lefolyás, emberi vízkivétel) van feltüntetve. Képletbe felírva (dr. Waltner 2021):

$$\Delta = CS + Q_{be} + G_{be} - P - E - Q_{ki} - G_{ki} - S$$

- ahol a(z)
- CS, a csapadék [mm];
  - $Q_{be}$ , a felszíni hozzáfolyás [mm];
  - $G_{be}$ , a felszín alatti hozzáfolyás [mm];
  - P, a párolgás [mm];
  - E, az evapotranspiráció<sup>1</sup> [mm];
  - $Q_{ki}$ , a felszíni lefolyás [mm];
  - $G_{ki}$ , a felszín alatti elfolyás [mm],
  - S, a felszínen tárolt vízmennyiség [mm].

Fontos elkülöníteni a vízfelhasználók csoportjait, hiszen igényük és tevékenységi körük igen eltérő. Eszerint megkülönböztetjük a lakossági vízellátást, az ipari vízellátást, a vízi közlekedést, a vízerő hasznosítást, illetve rekreációs, szabadidős tevékenységeket (sport, horgászat, üdülés). A lakossági vízfogyasztásra számított átlagos érték 120-150 l/fő/nap (függ az életkortól, a lakhelytől stb.).

Magyarország felszíni vizeinek egy részét a külföldről érkező folyók adják. Ezek minősége és mennyisége nagyban függ a szomszédos országok felhasználásától, környezetvédelmi törekvéseitől. A folyóvizek adta vízkészlet hazai felhasználása összesen 2%-ra tehető. Érdekesség, hogy a felszín alatti vízkészleteink kihasználtsága jelentősen meghaladja az előbbi értéket, ugyanis 80%-ra tehető. A felszín alatti vizeinkkel azok érzékenysége és a vízkészletek korlátozottsága miatt szükséges részletesebben foglalkozni. Az imént említett felszín alatti víz 80%-os kihasználtsága már képes komoly következményeket okozni, főleg az Alföldön, ahol alaptól hátrányos a vízkészlet indexe. A jelentős kitermelés talajvízszintcsökkenést, vízhiányos és aszályos állapot előidézését képes eredményezni. Szintén káros hatással vannak a felszín alatti vízkészletekre a bányászati tevékenységek okozta talajvízszint-csökkenések, valamint karsztvízsüllyedések.

---

<sup>1</sup> növények párolgató hatása

Felszín alatti vízkészlet becslése a következő képlettel adható meg:

$$FAV = Q_{be} + B_{felsz} + B_{mest} + B_{csap}$$

- ahol a(z)
- $Q_{be}$ , a szomszédos víztestből belépő vízmennyiség
  - $B_{felsz}$ , a felszíni vízből történő utánpótlás
  - $B_{mest}$ , a mesterséges beszivárgás mértéke
  - $B_{csap}$ , a csapadék utánpótlása

A felszín alatti ökológiai vízigény becslése a következő képlettel adható meg:

$$FAV_{\text{öko}} = \sum (ETA + Q_{\text{forr}} + Q_{\text{alap}} + Q_{\text{ki}})$$

- ahol a(z)
- ETA, a szárazföldi ökológiai vízigény
  - $Q_{\text{forr}}$ , forráshozamra vonatkozó vízigény
  - $Q_{\text{alap}}$ , alaphozamra vonatkozó vízigény
  - $Q_{\text{ki}}$ , szomszédos víztestnek átadott vízmennyiség

Végül a két képlet eredményének különbsége adja meg a hasznosítható vízkészlet mennyiségét:

$$\text{Hasznosítható vízkészlet} = FAV - FAV_{\text{öko}}$$

A monitoring program alapvetően három csoportba sorolható; feltáró, operatív és vizsgálati. A feltáró monitoring program a vizek általános állapotértékelésére, az operatív a veszélyeztetett vizek vizsgálatára, míg a vizsgálati a határérték túllépésére, események következményeinek felmérésére használatos. A monitoring rendszer alkalmas a felszíni és felszín alatti vizek fizikai, kémiai és biológiai jellemzők nyomon követésére, mely az alábbi táblázatban került összefoglalásra:

1. táblázat: Felszíni és felszín alatti vizek monitorozása

Monitoring	
Felszíni vizek	Felszín alatti vizek
vízhozam: naponta	talajvízszint: 4-6 alkalom/ év
morfológia: 6 évente	karsztvíz: havonta
biológia: 1-4 alkalom/ év	rétegvíz: évente
fizika-kémia: 4 alkalom/ év	termálvíz: évente
veszélyes anyagok: 12 alkalom/ év	-

### 2.3. Víz tisztításhoz alkalmazható technológiák

Az ivóvízgazdálkodás alapelve szerint mindig elegendő mennyiségű és megfelelő minőségű víznek kell rendelkezésre állni a lakossági fogyasztók számára. Az életminőség javítása és fenntartása miatt elengedhetetlen a hálózatra bocsátás előtt a víz tisztítása, előkezelése vagy fertőtlenítése, mellyel komoly betegségek (tifusz, vérhas, kolera) kerülhetők el. A biztonság növelésével fordítottan arányosan csökken a kockázat értéke, mely hozzájárul a vidékfejlesztés céljaihoz is. A hatékony elosztóhálózat kiépítése ugyan nem egyszeri befektetés, de hosszú távra jelenthet megoldást (eleve minimum 50 évre kell tervezni).

A vízkezelés kiválasztása előtt meg kell fogalmazni, hogy milyen felhasználási igény kielégítése szükséges. Teljesen más határértékek vonatkoznak mondjuk az ivóvízre, az ipari vízre, az öntöző vízre, a borászathoz és sörfőzéshez használt vízre. Például a sörfőzés és borkészítéshez használt vizek magas keménységi fokkal kell rendelkezzenek és nem tartalmazhatnak klórt –mert kiirtaná az élesztőbaktériumokat– így a technológiát is ennek megfelelően kell felépíteni. Mivel jelen dolgozat az ivóvízre épül, így annak feltételei kerülnek részletes kidolgozásra, melyek általános elvárásai a következők (dr.Waltner 2021):

1. Az ivóvíznek színtelen, szagtalan, kellemes ízű jellemzőkkel kell bírnia.
2. Hőmérséklete 8°C és 12 °C között kell legyen.
3. Nem tartalmazhat kórokozókat, zavarosságot okozó elemeket, illetve az elvárásoknak nem megfelelő további anyagokat.
4. Nem lehet magas a só tartalma.
5. Nem lehet magas a szervesanyag-tartalma.
6. Sem rövid, sem hosszú távon nem veszélyeztetheti az emberi egészséget.

A felsorolás azért nem tartalmaz minden pontban pontos értéket, mert összességében csak az tekinthető ivóvíznek, mely megfelel az éppen aktuális ivóvízszabályozás követelményeinek.

Másfelől a tervezés kezdetekor, a technológia kiválasztása előtt azt is tisztázni kell, hogy milyen vízbázisra épül a vízkezelő telep; felszíni vagy felszín alatti vízre. Amennyiben felszín alatti vízbázis fogja biztosítani a vízszerezést, úgy más anyagok/elemek (Fe, Mn, As,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) jelenlétével, de kiegyensúlyozottabb vízminőséggel lehet tervezni (dr.Waltner 2021).

Különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a víz tisztítás is okozhat vízminőségi problémákat. A klórhasználat például trihalometánok (THM) és haloecetsavak (HAA) megjelenését eredményezi az ivóvízben. Az ózonos kezelés hatására melléktermékek képződnek, például formaldehid, acetaldehid, hidrogén-peroxid. Továbbá a fertőtlenítőszeres képesek reagálni a szerves és szervetlen (bróm, jód) anyagokkal (dr.Waltner 2021).

### **2.3.1. Fizikai módszerek**

Szilárd anyagok eltávolításakor vizsgálni kell, hogy durva vagy finom fázisról van szó, ugyanis különböző eljárásokkal lehet biztosítani azok kivonását. Durva fázis eltávolítására alkalmazható makroszita szűrő, mikroszita szűrő, homokfogó, üleptőmedence, flotálás, míg finom fázisszétválasztást homokszűrővel vagy kolloid részecskét szűrő berendezéssel lehet biztosítani. Összességében fizikai eljárás alkalmazása elvárt az úszó és lebegőanyagok, valamint az eredetileg oldott állapotú (de a vízkezelés során szilárd állapotúvá alakított) és kolloid anyagok eltávolításakor (persze biológiai és kémiai folyamatokkal társítva). Fizikai technológiának tekinthető a szűrés, az ülepítés, illetve a derítés.

#### **A. Ülepítő műtárgy**

Ülepítés használatos minden olyan fázisszétválasztásnál, ahol lehetséges a részecskéknek a közeg nehézségi gyorsuláson alapuló szétválasztása. A bizonyos részecskeátmérővel rendelkező szemcsék kiülepedésének feltétele a szükséges tartózkodási idő, valamint az optimális áramlási sebesség biztosítása. A folyamat időben történő gyorsítása érdekében bevett szokás, hogy az ülepítő műtárgyakba plusz akadályokat terveznek. Az áramló közegben jelenlevő részecskék sebessége az ütközés hatására lelassul és hamarabb végbemegy a kiülepedés. Az ülepítő műtárgy az ivóvízkezelés szűrő egységét előzi meg. Megkülönböztetünk hosszanti átfolyású (Lipcsei-típusú) és függőleges átfolyású (Dorr-típusú) ülepítőket. A hosszanti átfolyású ülepítő téglalap alapú, a betáplálás oldalirányból történik és a medence hossza biztosítja a kiülepedés feltételeit. A függőleges átfolyású ülepítők kör alapúak, a betáplálás középen történik és a részecskék a falnak ütközve ülepednek ki. Mindkét esetben a medencefenékre leülepedő részecskéket az iszapkotró, míg a felszínen úszó részecskéket az elvezető vályú választja le. Azok a részecskék, amik itt nem ülepednek ki, az elfolyó vízzel a következő technológiai egységre kerülnek.

#### **B. Derítő műtárgy**

A derítő műtárgy különlegessége, hogy több funkciót képes betölteni, mint egy ülepítő medence. A derítő képes ellátni az ülepítés és a flokkuláció feladatát, valamint a koaguláció befejező szakaszát. Feladatai közé tartozik, hogy a vízben megjelenő szerves anyag tartalmat szilárd, leválasztható halmazállapotúvá alakítsa, valamint, hogy csökkentse a lebegőanyag-tartalmat és a fém-hidroxidok mennyiségét. Amennyiben a technológia megkívánja a derítő műtárgy kiépítését is, azok az ülepítő medencékhez hasonlóan a homokszűrők előtt kerülnek elhelyezésre. Megkülönböztetünk Mélyépterv-, Korridor- és Cyclofloc-derítőt. A Mélyépterv-típusú derítő esetében a betáplálás középen történik, ahol előzetes vegyszeradagolási pont is található. A flokkulátor tér magában a derítő műtárgyban található meg, az erre a célra



kialakított pelyhesítő térben. A 20-30 perces tartózkodási időnek köszönhetően végbemegy a keverési fázis. A betáplált víz a pelyhesítőn kívüli térben 2-3 órás tartózkodási idővel bír, mely alatt az ülepedési folyamatok játszódhatnak le. Az ülepedés hatékonyságát a vegyszeradagolás következtében képződő lebegő iszapfelhő fokozza. Ez az iszapfelhő optimális körülmények között 1,5-2 m vastag, sűrűségének köszönhetően a köztes térben lebeg (nem képes felúszni a felfelé tartó vízárammal vagy elfolyjni az ülepitőből). A flokkulált, valamint a részben flokkulált pelyhek a felfelé haladó áramlással hozzákapcsolódnak az iszapfelhő nagyobb pelyheihez. Így ez az iszapfelhő tulajdonképpen egy szűrési funkciót lát el, hiszen visszatartja a lebegőanyagok nagyrészét. Ha az iszapfelhő optimális körülményei megszűnnek, akkor vastagsága elvékonyodik és hatása lecsökken, a pelyhek elkezdenek leválni, melyek felúsznak vagy épp kiülepednek. A Cyclofloc-típusú derítő alapelve, hogy a pelyhekbe olyan adalékanyagot kell beépíteni, melynek meglehetősen nagy a sűrűsége. Ezzel nagyobb felületi terhelés érhető el és ennek hatására gyorsabban fog a kiülepedés folyamata lejátszódni. A módszer magyar szabadalom, de nem okozott nagy sikert a szakmában. Érdekes, hogy Magyarországon nem jellemző a derítő műtárgyak használata az felszín alatti vízbázis kezelése során. Helyette egy megfelelően kialakított vegyszeradagolás-homokszűrés páros alkalmazása a bevett eljárás. (Dr.Laky 2014)

### **C. Gyorsszűrő**

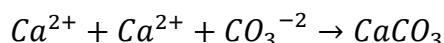
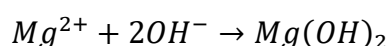
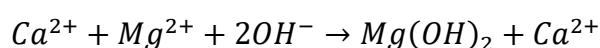
A gyorsszűrőkkel a durva, nagyobb szemcsés szennyeződések, valamint a kémiai eljárás során előállított pelyhek, csapadékok felfogása történik. Előfordulhat, hogy plusz polimer adagolására van szükség ahhoz, hogy kiszűrhetővé váljanak az elemek. Másfelől a folyamat közben biológiai, valamint kémiai (adszorpció, oxidáció, redukció) folyamatok is lejátszódnak. Magában a gyorsszűrés a szerves szennyeződések, a szűrést megelőző, vagy azzal párhuzamosan lejátszódó oxidáció viszont az oldott szervetlen szennyezőket (előbbire példa a vas és a mangán, míg utóbbira az ammónium ion) távolítja el. Nem lehet éles határt húzni, hogy ez a technológia a három elv közül pontosan hova is tartozik. Így mindig az adott alfejezetben részletezem a témához tartozó jellemzőket. A gyorsszűrő alapvetően a fizikai módszerek közé sorolandó, ugyanis elsősorban szűrőként üzemel; csak másodsorban feleltethető meg biológiai módszernek, a rajta kialakuló biofilm réteg miatt. A fizikai szempontok tekintetében a gyorsszűrési technológia további két nagy csoportba osztható, beszélhetünk nyílt vagy zárt szűrőről.

## D. Dekantáló műtárgy

A dekantáló medence olyan műtárgy, mely az ülepités/ szűrés/ derítés/ visszamosás során elvezetett uszadék, vizes iszap és víz kezelését látja el. Így ez már nem a fővízvonali szakaszon található meg, hanem az iszapvonalon. A dekantáló működési elve hasonló, mint az ülepitőé; tulajdonképpen egy hosszanti vagy függőleges átfolyású ülepitő. A célja, hogy a leválasztott vizet, uszadékot, iszapot külön válassza. A lejátszódó fázissztéválasztás következtében elkülöníthetővé válik az iszap és a dekantált víz. A dekantált víz elvezetésre kerül (csatornahálózat, patak/vízfolyás), az iszap pedig további technológiai egységre vezethető.

### 2.3.2. Kémiai módszerek

Kémiai módszer alkalmazandó a mikroorganizmusok, az oldott és a kolloid mérettartományba eső anyagok eltávolításakor. Alkalmazható módszerek közé sorolható a kémiai oxidáció, a kicsapatás, az adszorpció, az ioncsere, valamint az elektrodiálízis. Ezek mind kémiai elven végbemenő folyamatok, amelyek általában plusz vegyszer (pl. oxidálószer, koagulálószer, polimer) adagolását igénylik. Például, ha a víz lúgos, akkor a szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) alkotta hidrogén-karbonátot ( $\text{HCO}_3^-$ ) csökkenti. Savas közegben meszet, lúgos közegben  $\text{CO}_2$ -t érdemes a vizekhez adagolni. Hasonló példa a vízkeménység. A vízben található magnézium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) és kalcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ionok okozzák a vízkeménységet, ezek eltávolítása általában oltott mész és szóda segítségével történik (dr. Waltner 2021).



#### A. Kémiai kicsapatás

A kémiai módszerek egyike a kémiai kicsapatás, amely plusz vegyszer adagolásával, esetenként polimerek kiegészítő alkalmazásával végbemenő folyamat. Az ülepedésre nem képes,  $10^{-6}$ - $10^{-3}$  mm mérettartományú kolloidok kiválasztására alkalmas eljárás. A megfelelő minőségű és megfelelő mennyiségben adagolt vegyszer a vízben oldott ionokat vízben oldhatatlan állapotúvá alakítja. A polimereket érdemes előre bekevert, vízben oldott formában adagolni a gyorsabb hatás érdekében. A kiválasztott csapadék szilárd/folyadék szétválasztási technológiával eltávolíthatóvá válik (ülepités/ szűrés) a vízből. Jellemzően a vas és nehézfém tartalom eltávolítására alkalmazzák ezt az eljárást (dr. Waltner 2021).

## **B. Adszorpció**

Az adszorpció oldott anyagok és gázok felületi megkötődése szilárd anyagok felületén. Adsorbens az, ahol az oldott anyag megkötődik. Adszorptívum az az anyag, ami megkötődik az adsorbensen. A vízkezelésben különféle adsorbensek alkalmazhatóak. A zeolitok az ammónium eltávolítására, valamint a szagok felfogására alkalmas. Az ioncserélő műgyanták a vízlágyításra alkalmazhatóak. Az eljárással az ásványok mobilizálható alkálifém ionjai több értékű fémionra cserélhetőek. A GEH (szintetikus vas-hidroxid) az arzén eltávolítását végzi. Az aktívszén szerves anyagok és mikroszennyezők megkötésére használatos módszer. A granulált aktívszén adszorber (GAC) első sorban adsorbens, így kémiai módszer, viszont, ha kialakul rajta a biológiai populáció, a bioreaktor, akkor másodszor biológiai eljárásnak is tekinthető (dr.Waltner 2021).

## **C. Oxidáció, redukció**

Az oxidáció, redukció két, párhuzamosan játszódó, elektronátmenettel járó folyamat; oxidálószer elektront vesz fel és redukálódik, míg a redukálószer elektront ad le és oxidálódik. Az eljárás alkalmazásakor a szennyező anyagok oldhatatlan állapotba kerülnek, kevésbé toxikus formává alakulnak vagy a mikroorganizmusok inaktiválása következik be. A vas-mangántalanításban is ezek a folyamatok játszanak szerepet; redukzív viszonyban oldott, oxidatív viszonyban szilárd formában jelennek meg. Az arzén kivételt képez, hiszen oxidált és redukált formában is vízoldékony. Azonban az oxidált állapotú arzénvegyület még így is könnyebben hozható szilárd állapotba, mint a redukált állapotú arzénvegyület. A leggyakrabban használt oxidálószer az oxigén, az ózon, a klór (klórgáz vagy nátrium-hipoklorit formájában), a kálium-permanganát, a klór-dioxid és a klóramin.

## **D. Dezinfekció/ fertőtlenítés**

Fertőtlenítésre a patogén szervezetek (vírus, baktérium, atka, féreg) megsemmisítése, valamint fertőzőképességük megszüntetése miatt van szükség. A patogén szervezetek detektálásával az a baj, hogy egyenként nem nyomon követhetőek és az indikátor mikroorganizmusok nem mindig működnek. A fertőtlenítés jellemzően a korábban bemutatott oxidációs folyamatok segítségével, oxidálószer alkalmazásával végezhető el. Azonban fontos kiemelni, hogy a fertőtlenítés nem jelenti a víz teljes sterilizálását, csak a fertőzés kockázatának nagymértékű csökkentését (dr.Waltner 2021). A teljes csíramentesség nem követelmény, de a kórokozó mikrobák elpusztítását el kell érni. Fertőtlenítés során ügyelni kell arra, hogy széles spektrumú legyen; hatásos legyen a baktériumok, vírusok, gombák, paraziták stb. ellen. A fertőtlenítőszerekkel szemben támasztott igények közé sorolható, hogy a

mikroorganizmusok elpusztítására kis mennyiségben, hatékonyan legyen képes, hogy hatása hosszú távon érvényesüljön (amíg eljut a víz a fogyasztó csapjáig), hogy ne képződjen olyan melléktermék, mely hátrányosan befolyásolja a víz minőségét, valamint, hogy a mikroorganizmusokon kívül más anyaggal ne legyen reakcióképes (Dr. Kaszab 2022).

## **Klór**

A klór a leggyakrabban alkalmazott módszer. Felhasznált formái között szerepel a klórgáz és a hypo, vagyis a nátrium-hipoklorit (13 % Cl<sub>2</sub>). A disszociáció<sup>2</sup> a pH-tól függő tényező; ha a pH 5 körüli értéket vesz fel, akkor hipoklórsav formában, ha a pH 9 körüli értéket vesz fel, akkor hipoklorit ion formában jelenik meg. Mivel a hálózatra táplált víz nem rendelkezhet pH 7 alatti értékkel, a klórozás során optimális pH tartomány 7-7,5 között van. A klórozás egyik vizsgált paramétere a törésponti klórozás. A folyamat alapfeltevése, hogy a klór az ammónium-ionnal reakcióba lép. A reakció 3 lépcsős, eredménye a monoklór-amin, a diklór-amin és a triklór-amin. A keletkező klóramin stabilabb és kevésbé aktív fertőtlenítőszer, meglehetősen gyenge a hatása és nagyságrenddel több kontaktidőre van szükség.

A klórozás ugyan a leggyakrabban használt és az egyik leghatásosabb módszer, mégis jelentős következményeket okoz. A tisztítási folyamat során klórozási melléktermékek képződnek. A képződő melléktermékek a trihalo-metánok (THM), melyek karcinogén hatással rendelkeznek. A WHO által megszabott észlelési küszöbérték klórra vonatkozóan 5 mg/l, a Kormányrendelet által megszabott THM határérték 50 µg/l (dr.Waltner 2021). Továbbá külön kiemelném a haloecetsavakat (HAA) is, melyre az 5/2023-as Kormányrendelet 60 µg/l-es maximum koncentrációértéket határoz meg.

## **Ózon**

Az ózon a leghatékonyabb fertőtlenítési eljárás, ötször hatékonyabb, mint a klór. Már 10-12 perc is elég ahhoz, hogy kifejtsen fertőtlenítő hatását. Továbbá oxidálja a színt, az ízt, a szaghatást okozó anyagokat is. Hátránya, hogy sokkal rosszabbul oldódik, hosszútávú hatékonysága jelentősen csökken, utóhatással nem rendelkezik, valamint meglehetősen költséges módszer és csak helyben lehet előállítani (dr.Waltner 2021). A technológia kimagasló költségéhez az ózonozás után kötelezően kiépítendő GAC technológia is hozzájárul. Ózonozás során fellépő oxidációs reakciók két féle csoportba sorolhatóak. Egyik, amikor az oldott szerves anyagok magával az ózonnal, míg a másik csoport részei az ózon hatására keletkező OH-csoportokkal lépnek reakcióba (Dr. Benedek 1990).

---

<sup>2</sup> Olyan kémiai folyamat, amikor egy vegyület egy vagy több vegyületre/ elemre/ molekulára bomlik.

## UV

Az ultraibolya sugárzással (240-260 nm hullámhossz tartomány) végzett fertőtlenítés ugyan fizikai elven alapul, mégis itt kerül bemutatásra az összehasonlíthatóság miatt. Az UV széles körben alkalmazható, akár kisebb tisztító telepeken, akár házi rendszerekben. A kibocsátott ultraibolya sugárzás a sejtek DNS-eire hat, befolyásolja a sejtek reprodukciós képességét, így megállítja a sejtosztódást. Meglehetősen jó hatásfokkal működik, hatása nem függ a víz pH-tól vagy ammóniumtartalmától, továbbá használata közben nem képződnek melléktermékek. Hatásfokát a víz lebegőanyag tartalma és keménysége viszont negatívan befolyásolhatja. További hátránya, hogy csak az adott pontban, a felszíntől számítva 5-20 cm-es mélységben hat. Amiért nem rendelkezik utóhatással jellemzően helyszíni fogyasztásnál alkalmazzák. Nagyobb ivóvíztisztító telepeken a klórozással kombinálva használják (dr.Waltner 2021).

### 2.3.3. Biológiai módszerek

Biológiai eljárás használatos a biokémiai oxidáció, redukció során, továbbá egyes fizikai és kémiai módszerekkel is párosulnak. A megfelelő technológia kiépítésével az úszó és lebegőanyagok, a mikroorganizmusok, valamint az oldott és koloidos anyagok válnak eltávolíthatóvá (Dr. Benedek 1990). A biológiai eljárások használata sokáig nem volt bevett módszer sem hazánkban, sem külföldön. Mindezek ellenére a biológiai folyamatok spontán, maguktól is beindultak és kimutathatóvá váltak, tapasztalhatóak voltak a pozitív hatásai. Ezek után elkezdtek hivatalosan is kutatni a különböző biológiai módszereket és az eredmények igen meggyőzőek voltak. Utóbbiak mellett szól, hogy költséghatékonyak, nem igényelnek kezelést sem különleges műszaki kialakítást, mégis kiemelkedő hatásfokkal bírnak. A biológia alkalmazásának viszont megvan az a hátránya, hogy az egyes eljárások mikrobiológiai kockázatokat rejtenek magukban.

#### A. Biológiai szűrés

A szűrőrendszerek alapvetően vagy fizikai módszerek, ha csak szűrési funkciót töltenek be, vagy kémiai módszerek, ha elsősorban adszorpciós folyamatok játszódnak le. Azonban mindkét esetben a biológiai populáció megjelenésével és fejlődésével kialakul rajtuk egy biofilm réteg. Előfordulnak granulált aktívszén adszorberek, biológiai aktivitás nélkül (GAC) és por alapú aktívszén (PAC). A fixágyas biológiai reaktor/ biológiailag aktivált szén adszorber (BAC) kialakulásához és fennmaradásához szükség van a megfelelő körülmények biztosításához, mely jelen esetben az aerob élettér. Aktívszénes adszorpció esetében 1-2 hónap

kell ahhoz, hogy a mikroorganizmusok megtelepedjenek az adszorber felületén és hatásosan működjenek. A kialakult bioreaktor képes a szerves anyag eltávolítására (mind adszorpcióval, mind biológiai lebontással), valamint az oxigén és az ammóniatartalom redukálására. Utóbbival párhuzamosan növekszik a szénsav és nitráttartalom. A szűrőüzem leállása az aktívszén-rétegben az anaerob baktériumok elszaporodását eredményezi, ami kerülendő. A biotechnológia alkalmazásával fennáll az a veszély, hogy a megtisztított víz baktériumokat is tartalmaz, ezért van szükség a folyamat végi fertőtlenítésre (Dr. Benedek 1990). Hazánkban bevett gyakorlat a biológiai ammónium-ion eltávolítás módszere, melynek során hagyományos gyorszűrő tölteten a megtelepedő nitrifikáló mikroorganizmusok az ammónium iont nitráttá alakítják.

## **B. Vasbaktériumok**

A vas és a mangán jelenléte a vízben alapvetően nem jelent problémát, csupán esztétikai hatásai vannak, a víz zavaros lesz és megváltozik az íze. Eltávolításuk alapvetően kémiai és fizikai módszerrel történik. Azonban vannak olyan baktériumcsoportok, melyek segítik a vas lebontását. A vasbaktériumok a két vegyértékű vasat (Fe (II)), három vegyértékű vassá (Fe (III)) oxidálják. Az oxidáció hatására a vas az oldott formából szilárd fázissá alakul. Ezek a baktériumok képesek oxidálni a mangánt is, amennyiben a vas oxidálását elvégezték és ha nagyságrenddel nagyobb a víz mangántartalma, mint a vastartalma. Ezzel a módszerrel 3-4x gyorsabb vas-mangántalanítás biztosítható, mint a kémiai eljárással. A bemutatott biológiai eljárás savas és semleges közegben kifogástalanul működik, amennyiben a pH 7,2 feletti értéket vesz fel (gyengén vagy erősen lúgos a közeg), hatásfoka jelentősen lecsökken. Pedig a vízkezelésre jellemző pH tartomány pont az enyhén lúgos környezet. A vasbaktériumok szintén a szűrők felületén telepednek meg. A módszer előnye, hogy nincs szükség vegyszeradagolásra, így bonyolult technológia kiépítésére sem, valamint, hogy ez a módszer nem okoz eltömődést a szűrőkben. Így mintegy 60%-kal kisebb költséggel lehet fedezni a vas-és mangántalanítást. Azonban, gondoskodni kell az utókezelésről; a kimosódott baktériumok eltávolításáról, a fertőtlenítés biztosításáról. (Dr. Benedek 1990). A vasbaktériumok jelenlétével és aktivitásával az a probléma, hogy ezek a folyamatok korlátozott, felügyelt körülmények nélkül is végbe mennek. Ennek hatására az oxidált vas és mangán kirakódik a hálózatban, mely a rendszer eldugulását, a szaniterek meghibásodását és a víz színének megváltozását eredményezhetik. A legjelentősebb probléma, amit indukálhatnak, hogy a lerakódott vas-mangán pelyhek a többi baktériumfajta elszaporodását segítheti elő. A komponensek által előidézhető folyamatok miatt a vas és a mangán másodlagos vízminőségromtó szereppel rendelkeznek. (Dr.Laky 2014)

## 2.4. Általános tervezési eljárás

### 2.4.1. Regionális vízellátó rendszerek tervezése

Regionális vízellátó rendszerek térnyerésének fontos tényezői közé tartozik a vízigények folyamatos növekedése, az életformaváltás, valamint az urbanizáció folyamatának hatása. A városiasodás okozta következmény, hogy kisebb falvak, vidéki városok esetében radikális lélekszámcsökkenés vagy teljes elnéptelenedés figyelhető meg, míg a nagyvárosokban folyamatosan növekszik az ottlakók száma. Az urbanizáció jelensége, illetve az üdülőterületek időszakos kihasználtsága teljes egészében képes megváltoztatni a vízigények lokációs mértékét. Másfelől, Magyarország felszín közeli vízbázisai jelentősen elszennyeződtek, mely visszavezethető a mezőgazdaság és az ipar, valamint a természetes szennyezésre. Ennek következtében az elérhető vízbázisok vízminőség romlásnak indultak, így több határérték túllépés történt. Már a tervezés kezdetekor figyelembe kell venni, hogy a rendszernek költséghatékony üzemelés mellett, hosszú távon kell kielégítenie a fogyasztói igényeket. Elengedhetetlen a tervezési időhorizont helyes megállapítása. Azonban ennek korlátja, hogy a tervezés kezdetekor csak a jelenlegi állapot, valamint a jelenlegi fogyasztási és terhelés trendek állnak rendelkezésre. A felsorolt problémák átfogó megoldására a tárgyalt rendszer jól megtervezett változata jelenthet közel végleges megoldást.

A regionális vízellátó rendszerek tervezésekor több fontos tényezőt és feltételt kell figyelembe venni. Első ilyen tényező az objektumok mivolta. Alapvetően három fő blokkra osztható a rendszer; vízműtelep, regionális tározó és regionális nyomásfokozó, valamint további kiegészítő berendezések. Ezek elhelyezkedése lehet egy ugyanazon ingatlanon, vagy akár különálló területeken is.

A vízműtelep a vízkivételért és a víztisztításért felel, amely nagyban függ a vízkivétel módjától. Magyarországon alapvetően felszín alatti vízforrások biztosítják az ivóvízbázist, de akad néhány olyan település, amely vízellátása felszíni vízkészletből történik. Felszín alatti vízkivételnek is több formája lehet; parti szűrésű víz, karsztvíz, rétegvíz, talajvíz. Parti szűrési vízkivételi mű üzemel Csepelen, míg például a Bükkben vagy a Balatonfelvidéken karszt vízi telepek épültek ki. Felszíni vízkivétel történik például Szolnokon, ahol a Tisza vizét használják fel vagy Hasznoson, ahol a Hasznosi víztározó (ami a Csörgő patak duzzasztásával) felel a környező települések vízellátásáért.

A regionális tározók felelnek azért, hogy az év minden napján, minden napszakban megfelelő mennyiségű víz álljon a lakosok rendelkezésére. Mivel a tározók a regionális fővezetékkel vannak kapcsolatban, képesek biztosítani az ellátás biztonságát és a megfelelő

nyomást az egyes nyomás zónákban. Feladata a vízkivétel után megtisztított víz tározása a hálózatra engedés előtt; ezzel biztosítva a kiegyenlített termelést és fogyasztást. Egy település napi átlagos vízfogyasztásának görbéjében igen kimagasló csúcsok figyelhetőek meg. Ezek a csúcsok reggel 5 és 10 óra között (csúcs maximuma: 8 óra), valamint este 17 és 21 óra között (csúcs maximuma: 19-20 óra) alakulnak ki. Egy település átlagos napi vízigényét alapvetően a reggeli és az esti vízfogyasztás határozza meg, napközben csupán a fennmaradó különbözetre van szükség. Így az átlagos napi vízigény fogalma valójában egy rendkívül magas és alacsony értékből adódik, ezzel hamis képet festve a rendszer vízfelhasználásáról. A tározók megfelelő méretezésére azért van szükség, hogy a reggeli és esti csúcsokban is elegendő víz álljon a felhasználók rendelkezésére.

Abban az esetben, ha a szükséges nyomás nem biztosítható a rendszerben – akár a terepviszonyok, akár a szállítási távolság miatt – plusz nyomásfokozók beépítésére van szükség. Ennek fényében két esetet vizsgálhatunk. Előfordulhat, hogy a rendszerben túl magas nyomásra van szükség a hálózat zavartalan működéséhez (például, ha 20 bar feletti a nyomásigény) vagy pont, hogy túl magas a kezdeti víznyomás és a csatlakozási pontoknál redukálni kell az értéket a csőhálózat állapotának megóvása érdekében. A nyomásfokozók közbeiktatásával fenntarthatóbb és gazdaságosabb üzemeltetés biztosítható, optimalizálható a hálózat energiafelhasználása, rendszernyomása és teljesítményigénye.

A regionális vízellátó rendszerekben számos további körülményre tekintettel kell lenni, így további berendezések beépítésére is szükség van. Egyik ilyen szokványos jelenség a nyomáslengés. Ennek okai közé sorolható az üzemváltás, a szivattyúk leállása/indulása, valamint a hirtelen zárás. A keletkező nyomáshullám igen nagy erőt képes kifejteni, akár az üzemi nyomás 1,5-2,0 szeresét is eredményezheti. Mivel nem csak lokális kiterjedésű, a hálózat leépülését képes okozni, kritikus esetben csőtöréssel vagy csőrobbanással is járhat. Nagyméretű csöveknél elfordulhat az is, hogy a keletkezett depressziós hullám vákuum-hatást vált ki, mely következtében a cső összeroppanása következhet be. A nyomáslengést nyomáskiegyenlítő berendezésekkel – például légüst alkalmazásával – lehet megszüntetni. Kritikus helyek közé sorolandóak a mélypontok és az iránytörések, amik hatására maximális belső nyomás vagy fokozott erőhatás keletkezik. Másik alkalmazandó berendezés a nyomásszabályzó, mely fogyasztás optimalizálása és a zajcsökkentés miatt használatos. Fontos berendezés még az áramlásszabályzó. Alkalmazásával az állandó vízellátást és a szivattyúk szárazonfutásának elkerülését lehet biztosítani. Az áramlásszabályzó csak akkor kapcsolja be a szivattyút, ha a víz szabad áramlását érzékeli.



### 2.4.2. Méretezés

A méretezés fő lépései a következőképpen épülnek fel:

1. A becsült fogyasztási igények értékét összefüggésbe kell hozni a csővezetékek által egy időben szállítandó víz mennyiségével, így meghatározható a mértékadó vízszállítás.
2. A mennyiségi adatok figyelembevételével kiszámítható a csővezetékek szükséges keresztmetszete.
3. Egy, a tervezett hálózat alapfeltételei szerint felépített, modell segítségével ellenőrizni kell a csőhálózat hidraulikai képességeit. Az ellenőrzés feltétele a különböző üzemállapotok és az így kialakuló nyomás és sebességviszonyok.
  - PVC cső esetén az elvárt áramlási sebesség szívó oldalon:  $v < 1,2$  m/s,
  - PVC cső esetén az elvárt áramlási sebesség nyomóoldalon:  $1,5-2,0$  m/s,
  - PVC cső esetén az elvárt áramlási sebesség a túlfolyónál:  $v < 0,5$  m/s,
  - visszamosás elvárt sebessége átlagosan:  $0,5$  m/s (http5).
4. Abban az esetben, ha a modell által végzett szimuláció azt az eredményt adja, hogy egyes szakaszokon vagy ágakon az elvárthoz képest nagyobb vagy alacsonyabb sebességviszonyok alakulnak ki, meg kell ismételni a csövek keresztmetszeti kiválasztásának számításait.
5. A modell által végzett szimulációkat addig kell futtatni és finomítani, míg a csőhálózatban a sebességek  $0,4-1,2$  m/s-os tartományba nem kerülnek és a nyomás értéke nem haladja meg a választott csövek képességét.
6. A méretezéshez használt modellek alapvetően a valós rendszer egyszerűsített állapotával dolgoznak. Ezeknél az egyszerűsítéseknél oda kell figyelni arra, hogy ne okozzon nagy arányú eltéréseket a valósághoz képest. A modellnek a lehető legpontosabban kell jellemeznie a rendszert és a legjobb közelítéssel rendelkező változatot kell felhasználni. Amennyiben az eredményeket kerekíteni szükséges, mindig a biztonság javára kell dönteni.
7. A fenti számítások által kapott eredmények függvényében meg kell határozni az ivóvízkezelő technológiában alkalmazni szükséges vegyszerdózist, melyhez elvileg előzetes vizsgálatokra van szükség (a gyakorlatban ezek az előzetes vizsgálatok a legtöbb esetben elmaradnak). Ilyen előkészítő vizsgálat lehet az oxidálószer és koagulálószer típusának és dózisának meghatározását célzó kísérlet, a pH változás hatásának vizsgálata, a szükséges reakcióidők meghatározása.
8. Végül az egyes technológiai egységek méretezését is végre kell hajtani. Ide sorolhatóak a szűrők, a levegőztető egység, a derítő műtárgy, a vegyszerbekeverő egység, valamint a fertőtlenítés főbb méreteinek, műszaki paramétereinek meghatározása.

### 2.4.3. Vízkitermelés

A vízkitermelésnek több változata ismert, mely függ a rendelkezésre álló vízbázis típusától. A kitermelés eszközeinek részletes feldolgoása alatt a felszíni vizeket figyelmen kívül fogom hagyni és csak felszín alatti vizekhez használt berendezéseket fogom részletes vizsgálat alá vonni.

A vízkitermelés történhet egyszerű ásott/süllyesztett/vert kúttal vagy galériával, mellyel a talajvíz kivétele biztosítható, vagy fűrt kúttal, mellyel a rétegvíz válik elérhetővé, illetve csapóskúttal (az előbb ismertetett két változat kombinációja), mellyel a parti szűrésű vizek, rétegvizek kitermelése végezhető. A felszín alatti vizeknek megvan az az előnye, hogy porózus közegből érkeznek, mely megfeleltethető a technológiai rendszer szűrési blokkjának. A szemcsemérettől függően ez az „előtisztítás” lehet igen hatékony, vagy kevésbé hatékony.

Talajvízre épített vízkivételi műtárgy víznyerő egysége lehet ásott/süllyesztett kút, vagy galéria. A vízbázis kiválasztásakor már lehet következtetni, hogy milyen víztisztító egységek kövessék a folyamatot. Talajvíz esetében különös figyelmet kell fordítani a szennyezőkre, az ammónia, nitrát és nitriti tartalomra, valamint a bakteriológiai tényezőkre. Mivel a talajvíz közel helyezkedik el a felszínhez, ivóvízkitermelés esetén kiterjedt hidrológiai védőövezet kialakítására van szükség. Parti szűrésű víz kitermelésekor a csápos kutak alkalmazása a bevett eljárás. A műtárgy galéria és csápos kút együtteséből épül fel; ez egy süllyesztett kút, melyből csápok állnak ki. A csápok a víznyerés mennyiségét képesek fokozni. A kút folyóhoz való közelsége befolyásolja a kitermelt víz minőségét és hőmérsékletét. A partiszűrésű víz esetében a vas és mangántartalom koncentrációjára kell különös figyelmet fordítani. A rétegvizek kitermelése artézi kutakkal történik. Rétegvizek esetében a vas, valamint a gázok (metán, széndioxid) jelenlétére kell számítani, mely befolyásolja a technológiai folyamatot. Karsztvizekre épített vízmű kitermelő egysége jellemzően a fűrt kút. Kiemelendő tény, hogy az ilyen telephelyek méretezésének alapja lehet a csapadék beszivárgás és a kivett vízmennyiség egyensúlya. Az utóbb felsorolt három vízbázis ugyan jó minőségű vizeknek tekinthetőek, de kiterjedt védőövezet lehatárolására itt is szükség van a vízkivételi és a víztisztító műtárgy körül (Kovács 2013).

#### 2.4.4. Gépészeti berendezések, műtárgyak

A gépészeti berendezések közül a szivattyú az egyik legfontosabb elem egy víztermelő rendszer üzemeltetésekor. Alkalmazása a vízkivételi pontokon és a hálózatra táplálásnál egyaránt elengedhetetlen. Szivattyúk kiépítése szükséges a vízkivételi pontokon, a víztisztító műben, a vegyszeradagolásnál, a hálózatra bocsátásnál, valamint a közbeiktatott átemelők és nyomásfokozók üzemeltetésénél. Méretüket és teljesítményüket mindig a körülményeknek megfelelően kell megválasztani, hogy a lehető legjobb hatásfokon üzemeljen és a gépészeti üzemeltetés is gazdaságos legyen.

A leggyakrabban használt szivattyú fajta a bűvárszivattyú (másnéven merülőszivattyú vagy csökűtszivattyú). Ezek használatára akkor van szükség, ha a vízforrás 9 m-nél mélyebben található. Egy vízműtelep esetében a bűvárszivattyú a vízkivételhez használatos munkagép. Irányítása felszínről, jellemzően a szívómedencék szintjéről biztosított. A kitermelt víz további szállításához, emeléséhez, nyomásbiztosításához viszont már örvényszivattyúkat (más néven centrifugál-szivattyúkat) kell alkalmazni. Ezek függőleges és vízszintes tengelyű kivitelben találhatóak meg. Alkalmazásuk és üzemeltetésük már száraz aknában történik. Egy vízkitermelő és víztisztító telepen további szivattyúfajta alkalmazására is szüksége lehet. Előfordulhat olyan üzemállapot, amikor sáros, iszapos víz kezelését is számításba kell venni. Ehhez javasolt szivattyúfajta a zsompszivattyú. A zsompszivattyú egy speciális bűvárszivattyú, amely rendelkezik szabad áteresztőképességgel ([http7](http://7)).

A szivattyú kiválasztásakor külön figyelmet kell fordítani a gyártó által megadott jelleggörbére, mellyel az optimális térfogatáram kerül bemutatásra. A gyártó azt is megadja, hogy egyes fordulatszámok függvényében milyen hatásfokkal üzemel a szivattyú; melyet az úgynevezett kagylódiagram szemléltet. A kagylódiagram egyértelműen jelöli, hogy egyes üzemállapotokban, különböző fordulatszámon mekkora a berendezés hatásfoka. (dr. Kullmann 2018).

Áramlástechnikai gépek üzemeltetésekor fontos kitérni a kavitáció jelenségére, mely a rendszerben keletkező gázbuborékok okozta lökeshullám. A gerjesztett lökeshullám intenzív zajt és rezgést gerjeszt a hálózatban, mely a vezeték erodálódását eredményezi. A nyomáslengés megelőzése -akár kavitáció, akár hirtelen nyitás/zárás, akár szivattyúindítás következménye- érdekében tett intézkedések elengedhetetlenek a hálózat megóvása érdekében. A káros nyomáslengés kiküszöbölése történhet még a telephelyen a szivattyúk fordulatszámának szabályozásával, megkerülő vezetékek (bypass) építésével, szivattyúra szerelt lendkerék beépítésével vagy biztonsági szelep közbeiktatásával, valamint már a hálózaton nyomáskiegyenlítő berendezésekkel, nyomólégüsttel vagy tározók telepítésével.

#### 2.4.5. Vezetékek és szerelvények

A vezetékek alkotják a vízhálózat egyik legfontosabb részét, rajtuk keresztül lehet eljuttatni a kivett és megtisztított vizet a felhasználókhöz. Az egész vízkivétel, víztisztítás mind hiábavaló, ha nincs meg a szállításra alkalmas közeg. Mindenekelőtt azt kell szem előtt tartani, hogy a megtisztított víz minősége a felhasználóknál is közel azonos legyen az ivóvíztelepen mért értékekkel. A hálózatban nem következhet be olyan mértékű állapotváltozás, mely kihatással van a víz minőségére. A vezetékek fajtája, mérete és anyaga igen eltérő lehet, így a legkedvezőbb variáció a különböző körülmények és feltételek alapján kerül kiválasztásra.

A csövek anyagát tekintve két nagy csoportot különböztetünk meg. Egyik csoportba tartoznak a PVC (polivinil-klorid), műanyag csövek. Széleskörben elterjedt alkalmazásuk a XX. század közepén kezdődött. Az első fektetett PVC csövek jelenleg 75 évesek, melyek a mai napig kifogástalan, üzembiztos állapotban alkalmazhatóak. Előnyei, hogy ellenáll a vegyi anyagoknak, a vízkövesedésnek, a korróziónak, hogy a baktériumok, gombák és vírusok nem tudják megtámadni, illetve relatíve magas kopásállóság jellemzi. Nem elhanyagolható tényező az sem, hogy a fajsúlya rendkívül kis értéket képvisel, így telepítéskor könnyen kezelhetőek és mozgathatóak ezek a csövek. Az illesztések kialakításánál nincs szükség költséges technológiára vagy szerelvényekre, ha minden előírás betartásra kerül, akkor nyomásállóságuk megközelíti, sőt meg is haladhatja a cső nyomásállóságát. A második csoportba a GÖV (gömbgrafitos öntött vascsövek) csövek sorolhatóak. A GÖV csövek alkalmazásának legalapvetőbb okai közé sorolandó a természeti viszonyoknak való magasszintű ellenállósága, kiemelten magas élettartalma, nagy nyomásellenállása (100 bar-os üzemi nyomásig). Az igen megbízható műszaki kialakítása lehetővé teszi a hosszú élettartamot. Kimagasló terhelhetőségének köszönhető a földnyomás vagy a járműforgalom okozta hatásokkal szembeni ellenállósága. Speciális kialakítása révén sem a talajülepedés sem a pontszerű terhelés nem okoz komoly károsodást a szerkezetében, sőt a diffúziós hatásoknak is ellenáll. A veszteségmentes vízgazdálkodás és a hosszú élettartama miatt környezetbarát választásnak minősíthető, sőt ezek a vezetékek teljes mértékben újrahasznosíthatóak. A GÖV vezetékek előnye, hogy a rekonstrukciókat feltárásmentesen, az eredeti nyomvonal megtartásával lehet végrehajtani. Fektetéséhez nincs szükség speciális ágyazásra, sőt a fektetés körülményeit az időjárási viszonyok sem befolyásolják negatívan. További előnyök közé sorolható, hogy a rendelkezésre álló átmérők széles mérettartományban mozognak (DN80-DN1000). Összességében alacsony meghibásodási index jellemzi, anyagtulajdonságai nem változnak hosszú idő után sem, várható élettartama 100 évre tehető és a felsoroltak következtében igen gazdaságos technológiaként jellemezhető. (<http6>).

A „szerelvények” fogalom magába foglalja az összes olyan egységet, mely a hálózat kiépítéséhez szükség lehet; legyen szó szelepekről, mérőeszközökről, nyomáscsökkentőkről, elzáró vagy szabályozó szerelvényekről. A szerelvények ugyan csak kis egységnek tekinthetők a rendszer egészében, mégis annál nagyobb szerepet töltenek be.

A csap, a szelep és a tolózár is a közeg áramlásának szabályozására alkalmas szerelvény. A csap egyenes átjárást biztosít az áramlás számára. Előnyei közé sorolandó, hogy olcsó, könnyen állítható és üzemeltethető. Hátránya, hogy nagyobb átmérők esetében nem alkalmazható, valamint, hogy a hirtelen nyitás/zárás hatására lökéshullám keletkezik, mely a vezeték erodálódását okozza. A szelep az egyik leggyakrabban használt szerelvény, ugyanis kifogástalan zárást biztosít, használatával gyors átállás végezhető. Azonban a hirtelen nyitás, zárás ebben az esetben is lökéshullámot eredményez, illetve irányváltáskor jelentős nyomásvesztéssel kell számolni. A tolózár a másik gyakran használt szerelvénytípus. Használata részben eltér az eddig tárgyaltaktól, ugyanis alkalmazása nem eredményez lökéshullámot a csőhálózatban, másfelől a csap működési elvéhez hasonlóan egyenes átjárást biztosít. A tolózár árnyoldala, hogy a súrlódó felületek gyors kopást eredményeznek.

Ugyancsak nem elhanyagolható a szerelvények veszteségi tényezője; bizonyos esetekben a leválási tényező értéke meghaladhatja a súrlódási veszteség összegét. A leválási tényező a sebességi energiával arányos érték. A szerelvények veszteségi tényezőit azonban a gyártó szerelvényenként konkrétan megadja.

#### **2.4.6. Tervezési költségek**

A tervezési költségek egyik része a beruházási költségekből épül fel. A beruházás kezdetekor, a tervezési fázisban csak a pillanatnyi igények és trendek állnak rendelkezésre. Az adatforrás megbízhatóságának indexét kétségekkel kell kezelni, ugyanis rövid időn belül is képes jelentős változásokat mutatni a lakossági vízfogyasztás. Ennek függvényében változhat mind a kitermelés szükséges vízmennyisége, mind a szállításhoz szükséges csövek átmérője, mind pedig a műszaki berendezések igényelt kapacitásának értéke. Az említett műszaki berendezések és megoldások költségeit alap állapotban és a tervezési folyamat időszakára is meg kell határozni (pl: próbaüzem). A szállítási útvonal meghatározásához alternatívákat kell felsorakoztatni, melyekhez elkészíthetők az egyes nyomvonalhoz tartozó műszaki kialakítások. Az ily formán bemutatott alternatívák közül kiválasztható a telephely kapacitása és a lakossági vízigények szempontjából optimális megoldás. A terveket minden esetben a jelen és jövőbeli állapotok figyelembevételével kell kidolgozni.

A távlati tervezés három lépcsős; lehet rövidtávú, középtávú vagy hosszútávú. A rövidtávú terv kevesebb, mint 5 évet vesz figyelembe, ezeket jellemzően a gépi alkatrészeknél szokták alkalmazni. A középtávú terv 10 és 15 éves időintervallumnál használandó, a szivattyúk és átemelők tervezésekor használatos. A hosszútávú tervet akkor kell készíteni, ha 10 évet meghaladó időtávra kell a tervezést elvégezni, így a műtárgyak és hálózati elemek tervezésekor alkalmazandó. A beruházási döntések sajátossága, hogy a megvásárolt épületek/telkek, a legnagyobb kiadással rendelkező tételek, a hosszútávú tervek közé sorolandóak. Így a kiadások is hosszabb időtávra bonthatóak, de a profit is később fog jelentkezni. Továbbá figyelembe kell venni, hogy ezek a létesítmények, illetve a termeléshez vásárolt tárgyi eszközök a későbbiekben nem újraértékesíthetőek, így meghibásodásuk esetén további költségeket jelentenek, melyek rekonstrukciós költségként épülnek be a beruházási költségvetésbe.

A tervezési költségek másik része pedig az üzemeltetési költségekből épül fel. A tervezésen túlmenően, a normális üzemállapot beálltával a költségek teljesen másképp fognak alakulni, mint a tervezési fázisban. Elengedhetetlen ennek mértékét a tervezési fázisban meghatározni, ugyanis ennek függvényében lehet az alternatívák közül kiválasztani az optimális megoldást. A beruházás hosszútávú megtérülése, és fenntartható üzemelése miatt figyelembe kell venni a várható infláció értékét, valamint érzékenység vizsgálatokat és kockázatelemzést kell végezni. Szintén számításba kell venni a karbantartási és rekonstrukciós költségeket. Természetesen bevételi oldallal is kell számolni, amit például a vízdíjak adnak. Költségösszesítéskor továbbá figyelembe kell venni azt is, hogy állandó vagy teljesítményarányos költségről van szó. Az állandó költség a rendszer nagyságától, míg a teljesítményarányos költség a vízfelhasználás következtében szállított vízmennyiségtől függ.

A beruházás tervváltozatait összességében olyan mutatókkal kell ellátni, melyekkel egyértelműen be lehet mutatni az adott beruházás gazdasági jellemzőit. Számviteli értelemben ezek kifejezésére általában a következő mutatókat szokták a leggyakrabban alkalmazni; ilyen a megtérülési idő, a nettó jövedelem jelenlegi értéke és a belső kamatláb. A megtérülési idő megadja, hogy a befektetett tőke hány év múlva térül meg, mennyi idő szükséges a befektetés visszanyeréséhez (azonban ez nem veszi figyelembe a pénz időértékét, így hamis képet ad). A nettó jövedelem jelenlegi értéke a beruházás nyereségét fejezi ki az adott időpontra diszkontálva<sup>3</sup>. A belső kamatláb értéke a befektetés jövedelmezőségét mutatja meg.

---

<sup>3</sup> A diszkontálás a kamatos kamatszámítás inverze; azaz a jövőbeli pénzösszeg jelenlegi értékét adja meg.

### 3. FELADAT KIDOLGOZÁSA

A következőkben egy fiktív telephely rekonstrukciós folyamatát fogom részletesen kidolgozni; jellemzően a tervezés, méretezés és egyéb számítások kerülnek bemutatásra. Fontos kiemelni, hogy a következő fejezetekben olyan adatok ismertetésére kerül sor, melyekre elvégeztem a szükséges számításokat, de azok nem kerültek itt feltüntetésre. Részletes ismertetésük, habár itt nem jelenik meg, helyette azok kifejtett leírása a „*További számítások*”, valamint a „*Méretezés*” című *alfejezetben* találhatóak meg. A tervezés leírásában használt kódok és jelölések a mellékelt tervrajzokon alkalmazott jelöléseket követik.

#### 3.1. Telephely jelenlegi állapota

A Vizsgált Vízmű a vízaknából kitermelt vízzel biztosítja a rendszerhez tartozó települések és ipari fogyasztók vízellátását. A nyersvíz a vízaknából kerül kitermelésre az ott található  $2 \times 10\,000\text{ m}^3$ -es medence<sup>4</sup>  $10\,000\text{ m}^3$  térfogatú nyersvíz medencébe. Innen a  $2 \times \text{DN}600$ -as  $915\text{ fm}$  nyomvonalhosszúságú, AC anyagú vezetéken keresztül a  $2 \times 1\,000\text{ m}^3$  térfogatú megszakító medencébe érkezik gravitációsan a kitermelt nyersvíz. A megszakító medence a két vízműtelep<sup>5</sup> közötti szakaszon, a telepeken kívül létesült. Ezekből a megszakító medencékből gravitációsan,  $2 \times \text{DN}600$ -as  $1\,050\text{ fm}$ , AC vezetéken keresztül a Közreműködő Vízműben található  $6\text{ db}$  gyorsszűrőre folyik a víz. A szűrt víz a Közreműködő Vízmű telepen található  $2 \times 2\,000\text{ m}^3$ -es tisztavíz medencébe kerül. A tisztított víz a medencékből korábban három irányban volt továbbítható.

1. A Gravitációs I. jelű távvezeték a  $2 \times 3\,000\text{ m}^3$ -es medencékbe szállította a vizet az átadási ponton keresztül (ez a vezeték jelenleg üzemen kívül van).
2. Az úgynevezett KRS III gépház szivattyúinak szívóoldali vezetéke a  $2 \times 100\text{ m}^3$  és  $1 \times 1\,000\text{ m}^3$ -es medencéket tölti, ami többek között a Közreműködő Vízmű Kistérségi rendszer (KRS) központi ellennyomó medencéje.
3. A tisztított víz továbbítása a Vizsgált Vízműtelepre szivattyúk segítségével.

Tervezési szempontból a 3. továbbítási irányt fogom figyelembe venni és részletesen vizsgálni. Ebben az esetben a Közreműködő Vízmű telepén tisztított víz a szivattyúgépházon keresztül a  $\text{DN}500$  acélvezetéken,  $2230\text{ fm}$  hosszon felemelésre kerül és a  $2 \times 10\,000\text{ m}^3$ -es medence  $10\,000\text{ m}^3$  térfogatú tisztavízes térrészébe kerül.

---

<sup>4</sup> Rendelkezésre áll egy  $2 \times 10\,000\text{ m}^3$ -es medence, mely külső gyűrőjében a nyersvíz, belső gyűrőjében a visszaérkező tisztított víz kerül tározásra.

<sup>5</sup> Egyik a Vizsgált Vízmű, ahol a vízkivétel és a hálózatra táplálás történik, másik pedig a Közreműködő Vízmű, ahol a víztisztítás történik.

A Vizsgált Vízmű vízaknája – ahogy korábban említettem – a bányászati tevékenység során került kialakításra. A bányászati tevékenység befejezése óta az ivóvíz ellátás vízbázisaként szolgál. A kezdeti víztermeléskor mért vízminőségi paraméterek a bányajaratok tisztulása után jobb értéken stabilizálódtak. A vízminőség nem rendszeresen és akkor is csak kis mértékben haladja meg az ivóvíz minőségi határértékeket, de tisztításra szorul. A vízakna adatai:

kitermelt víz típusa:	karsztvíz	
vízminőség:	karsztvíz II	
vízakna átmérője:	5 m	
terepszint a vízaknánál:	143,00	m B.f.
akna talpmélysége:	-158	m B.f.
nyugalmi vízszint:	122,00	m B.f.
üzemi vízszint:	118,00	m B.f. (Q= 800 m <sup>3</sup> /h)

A meglévő vízaknában 8 db szivattyúállás van kialakítva, de jelenleg 4 szivattyú van beépítve. A jelenlegi állapotról szóló technológiai folyamatára az **1. mellékletben** érhető el.

A vízaknának vízminőségi adatai a 2018.01.02.-2022.12.12. közötti időszakból (4 év időtartamra vonatkozva) állnak rendelkezésre; mely összesen 499 db vízmintából áll össze. Ez az adatmennyiség kellően nagy ahhoz, hogy a jelenlegi és a jövőben várható vízminőséget megfelelően jellemezze és a vízkezelő technológia tervezéséhez alapadatot szolgáltatson. Az általános vízkémiai és mikrobiológiai mérések paraméterei és mérési eredményei a „*Rendelésre bocsátott adatok*” című *alfejezetben* találhatóak meg. Miszerint összességében elmondható, hogy a vizsgált paraméterek függvényében alapvetően nem figyelhető meg határértéktúllépés (kivéve a vas esetében) vagy egyéb, rendellenességre utaló értékkilengés. A kezelendő víz karsztvíz, melynek keménysége magas, a keménység nagyobb része változó keménység formában van jelen. A vízben található szervesetlen nitrogénformák koncentrációja alacsony, praktikusán ammónium- és nitritmentesnek tekinthető. A szervesanyag tartalma csekély, miközben viszonylag jelentős mennyiségű oldott oxigént tartalmaz. Mikrobiológiai szempontból a víz minősége jó. A vas koncentrációja kismértékben meghaladja a határértéket, így eltávolítása szükséges. Tervezés szempontjából átlagosan 250 µg/l, maximálisan 500 µg/l vas-koncentrációt lehet figyelembe venni. A víz mangán koncentrációja határérték alatti, tervezési értéknek 25 µg/l, maximális értéknek 50 µg/l mangán-koncentrációt lehet figyelembe venni.



### 3.1.1. Rekonstrukció okának ismertetése

A Vizsgált Vízmű rekonstrukciójának alapvető oka a rendszer erodálódása, a jelenleg alkalmazott kialakítás összetettsége, a Közreműködő Vízmű korlátozott kihasználtsága, valamint a vízminőségi paraméterek megváltozása.

A Vizsgált Vízmű rendszere évtizedekkel ezelőtt került kiépítésre, mely a vezetékek korrodáláshoz vezetett. A folyamatos karbantartás, rendszeres javítás és felülvizsgálat ellenére a vízvezetékek elkorrodálódtak, mely a csőtörések tömkelegéhez vezetett. Ez üzembiztonsági, finanszírozási és vízminőségi szempontból is kritikus eseménysorozat, mely probléma felszámolására mihamarabb megoldást kell találni. Egy csőtörés gyors beavatkozást igényel, mely azt jelenti, hogy a szakembereknek az év minden napján, napi 24 órában rendelkezésre kell állniuk. Abban az esetben, ha nem sikerül időben beavatkozni, a csőtörés következtében különféle anyagok mosódhatnak be a környezetből, mely az egész rendszer elszennyeződését, valamint a szolgáltatott víz minőségromlását (akárcsak a zavarosság okozta esztétikai hatást) okozhatja. A csőtöréses események számának növekedésével, a Vizsgált Vízmű vízveszteségi indexe megnő, mely a fenntartható üzemeltetést befolyásolja. Továbbá, üzemeltetési szempontból is hátrányos következményekkel jár, ugyanis a rendszeres karbantartás folyamatos logisztikát igényel. A vízvezetékek karbantartási ideje alatt is vizet kell táplálni a hálózatra, mégpedig az érintett szakaszok kiszakaszolása és/vagy megkerülése mellett.

Másfelől, amikor a Vizsgált Vízmű technológiája kiépítésre, majd a későbbiekben módosításra került, a vízbázis teljesen más vízminőségi paraméterekkel rendelkezett. A bányászat vízbázisra gyakorolt hatása napjainkra lecsökkent; gyakorlatilag teljesen „megszűnt”-nek tekinthető jelenleg. Ennek következtében a kezdetekben tervezett technológia, valamint egyes technológiai egységek feleslegessé váltak. A rendszer teljes felülvizsgálata után egy optimálisabb technológiai sor alakítható ki. Továbbá, a tervezett modernizálással adottá válik az a lehetőség is, hogy a víztisztító mű a vízkivételi mű telephelyén kerüljön elhelyezésre. Ezzel tovább lehet redukálni a költségeket, valamint növelni lehet az üzembiztonságot.

### 3.1.2. Lehetséges technológiai megoldások

A következő táblázatban bemutatásra kerülnek egy általános komplexitású rendszer technológiai egységei. A táblázat szomszédos oszlopa a Vizsgált Vízmű vízminőségi paramétereinek okán érintett elemek magyarázatos változatát fogja tartalmazni.

	Technológiai egységek	Érintettség	Magyarázat
Fő vízvonal	ülepítés	✘	A kis mértékű szilárd anyagtartalom miatt nem szükséges előülepítő kiépítése.
	oxidálószer adagolás	✓	A nyersvíz paramétereinek alapján a vegyszeradagolás legideálisabb választása a klór, vagyis a klóros oxidáció. Választás okai: <ul style="list-style-type: none"> <li>- a parametrikus érték alatti mangántartalom,</li> <li>- a nyersvízben kis koncentrációban megjelenő vas jelentős része már szilárd állapotban van (mérések igazolták; bizonyára mangánra is igaz),</li> <li>- nagyon kicsi a szerves anyag tartalom,</li> <li>- ammónium gyakorlatilag nincs a nyersvízben.</li> </ul> Így a klórozással jelentős melléktermékképződés (pl. THM, AOX, HAA) nem várható, emellett pedig egyfajta fertőtlenítést is biztosít.
	keverés	✘	A cső áramlási viszonyai elegendőek a klóros oxidáció lejátszódásához.
	szűrést megelőző ülepítés	✘	A csekély mennyiségű csapadék miatt szűrést megelőző ülepítésre/derítésre nincs szükség.
	szűrés	✓	Feltehetően homokszűrő alkalmazásával.
	kiegészítő vegyszeradagolás	✘	Vízminőségi paraméterek nem igénylik.
	fertőtlenítés	✓	Utófertőtlenítés praktikusán klórozással.
	tisztítást követő vegyszeradagolás	✘	Vízminőségi paraméterek nem igénylik.
	tárolás	✓	10 000 m <sup>3</sup> -es meglévő tározóban.
	fertőtlenítés	✓	Havária klórozás hálózatra táplálás előtt.
	betáplálás	✓	Nyomásfokozók alkalmazásával.
Iszapvonal	vegyszeradagolás	✓	Polimeradagolás a csapadékképződés miatt.
	ülepítés	✓	Szilárd-, folyadékfázis szétválasztása: dekantáló
	iszapkezelés	✓	Polimeradagolás, flokkulálótartály, szalagprés.
	csurgalékvízkezelés	✘	Paraméterek ellenében befogadóba engedve.

### 3.2. Telephely tervezett állapota

A Vízműtelep felújítása során a vízkivételt a meglévő vízaknából kell megvalósítani, melyben jelenleg 4 db üzemelő szivattyú van beépítve. A tervezett fejlesztést követően a megrendelői követelményeknek megfelelően 8 db új szivattyú fogja biztosítani a vízkivételt. A 8 db szivattyú biztosabb üzemelést tesz lehetővé. A vízkezelési technológiák Közreműködő Vízmű helyett egy az egyben a vizsgált vízmű telephelyén kerülnek kialakításra. A vízkezelés a jelenleg érvényben lévő ivóvíz minőségi előírások és az előző alfejezetben vizsgált paraméterek mérési eredményei alapján valósulna meg, miszerint vas- és mangántalanítási technológia alkalmazása szükséges.

A vízakna által párhuzamosan (2x4-es szivattyúfelállásban) kitermelendő vízen nyomás és hozammérés történik. Majd az előklóradagolást követően a víz a 6 db gyorszűrőre kerül rávezetésre, melyek szintén párhuzamos üzemben fognak üzemelni. Végül a megtisztított víz újabb klóradagolást kap és ezt követően kerül be a tározómedencébe. Fontos kiemelni, hogy a rekonstrukciót követően a 2x10 000 m<sup>3</sup>-es (tisztá és nyersvíz) tározómedence mind a két egysége tisztavíz medenceként fog üzemelni. Végül a gépházból a hálózatra táplálás történik meg, ahol található egy opcionális, haváriaklórozási lehetőség is. A gyorszűrőkről azonban nem csak a tisztított víz, hanem előszűrlet és egyéb, utókezelést igénylő víz is kikerül. A fenékürítő és az előszűrlet nem igényel tisztítást, így az közvetlenül a közeli patakba kerül bekötésre. Azonban a további kezelést igénylő zagyvíz dekantáló medencékbe kerül. A párhuzamosan üzemelő 2x350 m<sup>3</sup>-es dekantáló medencében a szilárd frakciók kiülepedése történik; így innen kikerülve dekantált víz és iszap különíthető el. A dekantált víz a dekantálást követően szintén bevezethetővé válik a közeli patakba. Azonban a kikerülő iszap további kezelést igényel. Plusz polimer adagolásával és flokkuláló tartály közbeiktatásával szalagprésre vezethető. A képződött iszap a jogszabályoknak megfelelő, erre specializálódott hulladékgazdálkodási cég által kerül elszállítása. Kiemelendő, hogy a szalagprés alkalmazása közben csurgalékvíz keletkezik. A csurgalékvíz minősége nem teszi lehetővé, hogy a közeli patakba kerüljön elvezetésre, így a kis mennyiségnek köszönhetően a csatornahálózatba kerül bevezetésre. Fontos kitérni arra is, hogy a gyorszűrők alkalmazásakor nem csak egyirányú folyamatok játszódnak le; számolni kell az öblítőlevegővel és a visszamosó vízzel is. Az imént tárgyaltakat a mellékelt „*Technológiai folyamatábra (P&ID)*” szemlélteti.

A tervezés folyamatának főbb pontjai közé sorolandó a vízkivétel és vízkormányzás, az oxidációs lépcső (kicsapatás), a fázis-szétválasztás (gyorszűrés), a fertőtlenítés (helyi/fenntartó/ hálózati), a víztárolás, a hálózati szivattyúzás, a vegyszeradagolások, a hulladékvíz kezelés, a segédüzemek kiépítése, valamint a vízminőség ellenőrzés és műszerek szerepe.

A vízigények tervezése és a hidraulikai számítások az alábbi szezonális vízigények alapján kerülnek meghatározásra:

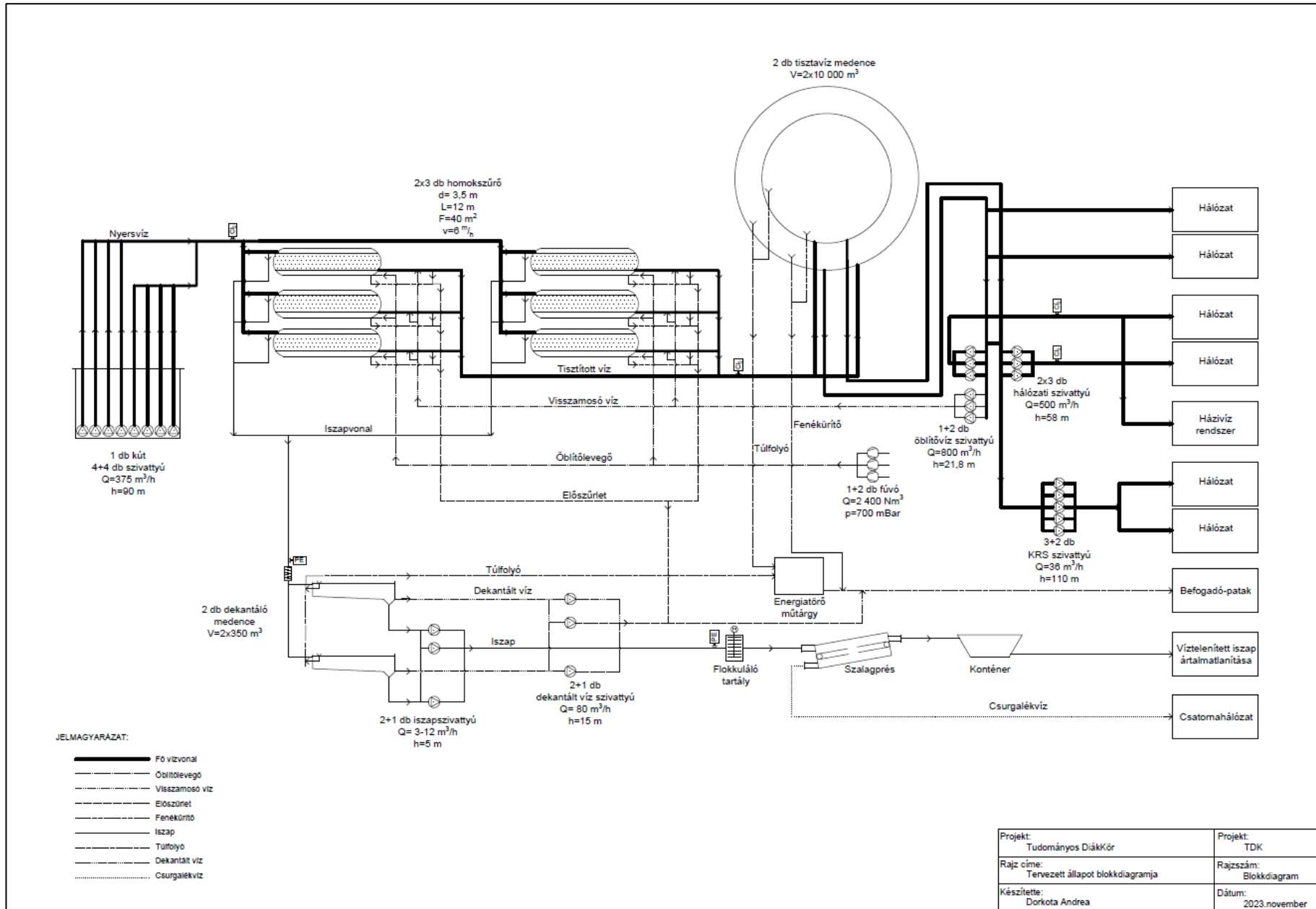
2. táblázat: Szezonális vízigények

Paraméter	Időszak	Vízigény [m <sup>3</sup> /d]	Kapacitás kihasználtság [%]
<b>Téli átlag</b>	10.16-03.15	12 600	42
<b>Tavaszi átlag</b>	03.16-06.15	15 600	52
<b>Nyári átlag</b>	06.16-08.31	25 200	84
<b>Őszi átlag</b>	09.01-10.15	30 000	100

A kiemelendő tervezési alapadatok a következők:

- Megrendelői igény szerint a telep tervezett kezelt víz termelési kapacitása: 30 000 m<sup>3</sup>/d, de órai termelésben 1 500 m<sup>3</sup>/h kell legyen.
- Igényelt napi üzemóra: 24 h.
- Megrendelő által igényelt szűrési sebesség (gyorsszűrők felületi terhelése): 6 m/h.
- Előzetesen becsült vízvesztesség: 10 %.
- Nyersvíz összes vas koncentráció: 250 µg/l tervezési, 500 µg/l maximális.
- Nyersvíz összes mangán koncentráció: 25 µg/l tervezési, 50 µg/l maximális.

A technológia méretezésére vonatkozó számítások továbbra is „*További számítások*” és a „*Méretezés*” című *alfejezetben* találhatóak meg. A tervezett állapot részletes technológiai folyamatábrája a **2. mellékletként** került csatolásra. Azonban lentebb beillesztésre került egy blokkdiagram az átláthatóság, valamint a megértés segítése érdekében.



## 4. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

### 4.1. Rendelkezésre bocsátott adatok

3. táblázat: Általános kémiai paraméterek mérési eredményei

Paraméter	Mérés kiértékelése
<b>hőmérséklet</b>	A kitermelt víz hőmérséklete átlagosan 17,1 °C; 15,1 °C-os minimum és 19,5 °C-os maximális érték mellett.
<b>pH</b>	A pH 6,89-7,37 között mérhető, az átlagérték pH 7,1, így semleges közeli érték jellemzi.
<b>keménység</b>	<p>Az összes keménység 282-297 mg/l CaO érték között alakult, az átlagérték 287,4 mg/l volt. A kezelendő víz kifejezetten kemény, de a keménysége még határérték (350 mg/l CaO) alatti.</p> <p>A változó keménység a lúgosságból átszámítva átlagosan 200 mg/l CaO-nak felel meg, tehát az összes keménység nagyobb része változó keménység formájában jelenik meg.</p> <p>A kalcium átlagos koncentrációja 121 mg/l (169 mg/l CaO egyenérték), a magnéziumé 51 mg/l (117 mg/l CaO egyenérték).</p>
<b>vezetőképesség</b>	A víz fajlagos elektromos vezetőképessége átlagosan 816 µS/cm.
<b>oldott oxigén</b>	A víz oldott oxigén koncentrációja 5,4-8,0 mg/l között alakult, átlagosan 6,3 mg/l volt. A víz átlaghőmérsékletén az oxigén oldhatósága 9,37 mg/l tehát a víz oldott oxigén telítettsége 50-85% közötti értékre tehető.
<b>arzén</b>	Arzénről mindössze 2 db mérési eredmény állt rendelkezésre, mindkettő méréshatár (<1 µg/l) alatti, tehát a víz arzénmentesnek tekinthető.
<b>kémiai oxigénigény (KOD), összes szerves szén (TOC)</b>	<p>A víz KOI<sub>ps</sub> értéke a minták többségében méréshatár (&lt;0,2 mg/l O<sub>2</sub>) alatti, de a maximum érték is mindössze 0,4 mg/l volt. A víz összes szerves szén koncentrációja a minták többségében méréshatár (&lt;0,5 mg/l C) alatti, a méréshatárt meghaladó mintákban az átlagérték 0,62 mg/l volt, maximum érték pedig 1,28 mg/l volt.</p> <p>Összességében tehát a víz szervesanyag-tartalma kifejezetten alacsonynak tekinthető. Ebből következően klóros oxidáció/klóros fertőtlenítés alkalmazása esetén feltételezhetően viszonylag csekély mennyiségű klórozási melléktermék (THM, AOX) keletkezik.</p>

Paraméter	Mérés kiértékelése
<b>ammónium-ion, nitrit-ion, nitrát-ion</b>	<p>Ammónium-ion kizárólag méréshatár (&lt;0,06 mg/l) alatti koncentrációban fordult elő, tehát ammónium-mentesnek tekinthető, ami klórgázzal történő oxidáció szempontjából kedvező körülmény.</p> <p>Nitrit-ion szintén kizárólag méréshatár (&lt;0,02 mg/l) alatti koncentrációban fordult elő, tehát nitrit-mentesnek tekinthető.</p> <p>A nitrát-ion koncentrációja 5,2-7,1 mg/l között alakult, ami kifejezetten alacsony értéknek tekinthető.</p>
<b>vas</b>	<p>A víz összes vas koncentrációja 120-410 µg/l között alakult, az átlagérték 240 µg/l volt. Ez meghaladja a 200 µg/l parametrikus értéket, tehát vastalanításra van szükség. Tervezés szempontjából átlagosan 250 µg/l, maximálisan 500 µg/l vas-koncentrációt lehet figyelembe venni.</p> <p>A vizsgált 4 év alatt enyhén csökkenő tendencia figyelhető meg, az első két évben az átlagérték 271 µg/l volt, az utóbbi 2 évben 217 µg/l, bár „kiugró” értékek mindkét időszakban megfigyelhetők.</p> <p>Az oldott vas koncentrációról viszonylag kevés eredmény áll rendelkezésre. A minták körülbelül felében méréshatár alatti (&lt;20; &lt;40 µg/l) volt az oldott vas koncentrációja, míg a többi esetben az átlagérték 90 µg/l-re adódik, 120 µg/l maximummal. E kiugró érték vélhetően a magas oldott oxigén koncentrációra vezethető vissza; a vas jelentős hányada alapból oxidált formában van jelen a nyersvízben.</p>
<b>mangán</b>	<p>A mangán-koncentráció a minták nagyobb részében (a viszonylag magas) méréshatár (&lt;20 µg/l) alatti értékben fordult elő. A többi minta átlaga is csupán 23 µg/l volt, a maximum érték pedig 41 µg/l. Ezen érték tehát megfelel a 5/2023. (I. 12.) Korm. rendeletben meghatározott 50 µg/l parametrikus értéknek, így elvileg mangántalanításra nincs szükség, bár célszerű a technológia oxidációs lépését úgy megválasztani, hogy a mangán is minél nagyobb arányban eltávolítható legyen. Tervezés szempontjából átlagosan 25 µg/l, maximálisan 50 µg/l mangán-koncentrációt lehet figyelembe venni.</p>

Paraméter	Mérés kiértékelése
<b>mikroszennyezők</b>	A mintákban számos mikroszennyezőt vizsgáltak. A vizsgálati eredmények döntő többsége méréshatár alatti, vagy a méréshatárt éppen meghaladó koncentrációban van jelen. Határértéket meghaladó értéket nem mértek. Ennek megfelelően a technológiában mikroszennyezők eltávolítására nem kell készülni.

4. táblázat: Mikrobiológiai paraméterek mérési eredményei

Paraméter	Mérés kiértékelése
<b>Clostridium perfringens</b>	Az összes (15 db) mintában 0 szám/100 ml volt található.
<b>Coliform baktériumok</b>	Az összesen vizsgált 246 db mintából 7 db mintában volt 0 szám/100 ml-t meghaladó érték. Az előfordulások véletlenszerűen voltak.
<b>Enterococcusok száma</b>	A vizsgált 20 db mintában nem volt 0 szám/100 ml-t meghaladó érték.
<b>Escherichia coli</b>	Az összesen vizsgált 246 db mintából egyetlen esetben volt 0 szám/100 ml-t meghaladó érték (1 szám/100ml).
<b>Pseudomonas aeruginosa</b>	A vizsgált 20 db mintában nem volt 0 szám/100 ml-t meghaladó érték.
<b>Szulfitredukáló anaerobok</b>	A szulfitredukáló anaerobok (Clostridium spóraszám) tekintetében a vizsgált 5 db mintában nem volt 0 szám/100 ml-t meghaladó érték.
<b>Telepszám 22 °C</b>	Az összesen vizsgált 246 db mintából 77 esetben volt 0 szám/ml-t meghaladó érték, ami 30%-os előfordulási gyakoriságot jelent. A maximális érték mindössze 15 szám/ml volt, amely kifejezetten alacsony érték. Telepszám értékre nincs számszerű parametrikus érték meghatározva, helyette a „nincs szokatlan változás” van megadva a Kormányrendeletben, melynek a minták megfelelnek.
<b>Telepszám 37 °C</b>	Az összesen vizsgált 20 db mintából 4 esetben volt 0 szám/ml-t meghaladó érték, ami 20%-os előfordulási gyakoriságot jelent. A maximális érték mindössze 7 szám/ml volt, amely kifejezetten alacsony érték. Telepszám értékre nincs számszerű parametrikus érték meghatározva, helyette a „nincs szokatlan változás” van megadva a Kormányrendeletben, melynek a minták megfelelnek.



## 4.2. Méretezés

Az elvárások szerint a kezelt víz mennyiségének 30 000 m<sup>3</sup>/d-nak kéne megfelelnie, napi 24 órás szivattyú üzemidő esetén.

Jele	Megnevezés	Értéke
<b>t</b>	Üzemidő	24 h
<b>C</b>	vízkezelési technológia kapacitása	<b>1 250 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Q</b>	kezelt víz mennyiségének	<b>30 000 m<sup>3</sup>/d</b>

$$C_0 = \frac{Q}{t} = \frac{30\,000}{24} = 1\,250 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C = 1\,250 + (1\,250 \cdot 0,1) = \mathbf{1\,375 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Így a következőkben a kiemelt értékkel, a 30 000 m<sup>3</sup>/d-os kezelt víz mennyiséggel és 1 250 m<sup>3</sup>/h-ás vízkezelési technológia kapacitással fogom elvégezni a számításokat. A kezdetekben 10%-os technológiai vízigényt feltételezek, mely a vízkezelési technológia kapacitását 1 375 m<sup>3</sup>/h-ra módosítja.

## HOMOKSZŰRŐ MÉRETEZÉSE

Paraméter	Mértékegység	Maximális
nyersvíz térfogatárama <sup>6</sup>	m <sup>3</sup> /h	1375
igényelt szűrési sebesség	m/h	6
szűrőfelület/ szűrő	m <sup>2</sup>	40

---

$$\text{Szükséges össz. szűrőfelület} = \frac{\text{Nyersvíz térfogatárama}}{\text{Igényelt szűrési sebesség}} = \frac{1\,375\, \text{m}^3/\text{h}}{6\, \text{m}/\text{h}} = \mathbf{229,2\, \text{m}^2}$$

---

$$\text{Szűrők darabszáma} = \frac{\text{Szükséges össz. szűrőfelület}}{\text{Szűrőfelület/szűrő}} = \frac{229,2}{6} = 5,7 \sim \mathbf{6\, db}$$

---

$$\begin{aligned} \text{Tényleges szűrési sebesség} &= \frac{\text{Nyersvíz térfogatárama}}{\text{Szűrők darabszáma} \cdot \text{Szűrőfelület/szűrő}} \\ &= \frac{1\,375\, \text{m}^3/\text{h}}{6 \cdot 40\, \text{m}^2} = 5,729\, \text{m}/\text{h} \end{aligned}$$

---

<sup>6</sup> A nyersvíz térfogatáramát tekintve; a vízkezelési technológia kapacitását és egy 10%-os veszteséget vettem alapul.

## KLÓROZÁS MÉRETEZÉSE

5. táblázat: Nyersvíz tervezési adatai

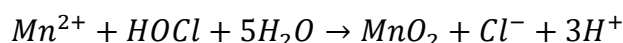
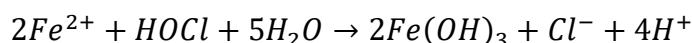
Paraméter	Mértékegység	Tervezési (átlag)	Maximális
zavarosság	NTU	2,87	4,6
vastartalom (Fe)	mg/l	<b>0,25</b>	<b>0,41</b>
mangántartalom (Mn)	mg/l	<b>0,025</b>	<b>0,05</b>
hőmérséklet	°C	17,1	19,5
pH	-	7,1	7,37

Az adagolt előklór mennyiségének elegendőnek kell lennie a vas- és mangán oxidálásához. Az elméletileg szükséges mennyiségek a reakcióegyenletekből számíthatók.

A vízbe adagolt klórgáz a vízzel reakcióba lép a következő egyenlet szerint:



A keletkező hipóklóros-sav a vassal és mangánnal az alábbiak szerint reagál:



Így a vas oxidációjának klórigénye a következőképpen alakul:

$$\text{Klórigény}_{\text{tervezési}} = \frac{\text{Fe}(\text{tervezési}) \cdot 71}{55,85 \cdot 2} = \frac{0,25 \text{ g/m}^3 \cdot 71}{55,85 \cdot 2} = \mathbf{0,159 \text{ g/m}^3 \text{ klórgáz}}$$

$$\text{Klórigény}_{\text{max}} = \frac{\text{Fe}(\text{max}) \cdot 71}{55,85 \cdot 2} = \frac{0,41 \text{ g/m}^3 \cdot 71}{55,85 \cdot 2} = \mathbf{0,261 \text{ g/m}^3 \text{ klórgáz}}$$

Így a mangán oxidációjának klórigénye a következőképpen alakul:

$$\text{Klórigény}_{\text{tervezési}} = \frac{\text{Mn}(\text{tervezési}) \cdot 71}{54,938} = \frac{0,025 \text{ g/m}^3 \cdot 71}{54,938 \cdot 2} = \mathbf{0,032 \text{ g/m}^3 \text{ klórgáz}}$$

$$\text{Klórigény}_{\text{max}} = \frac{\text{Mn}(\text{max}) \cdot 71}{54,938} = \frac{0,5 \text{ g/m}^3 \cdot 71}{54,938 \cdot 2} = \mathbf{0,065 \text{ g/m}^3 \text{ klórgáz}}$$

Végül az össz. oxidációs klórigény a következőképpen alakul:

$$\text{Össz. klórigény}_{\text{tervezési}} = 0,159 + 0,032 = \mathbf{0,191 \text{ g/m}^3 \text{ klórgáz}}$$

$$\text{Össz. klórigény}_{\text{max}} = 0,261 + 0,065 = \mathbf{0,325 \text{ g/m}^3 \text{ klórgáz}}$$

---

Az oxidáció következtében keletkező Fe(III)-hidroxid csapadék mennyiségének meghatározása:

$$\begin{aligned} Fe(III) - hidroxid\ csapadék_{tervezési} &= \frac{Fe\ (tervezési) \cdot 106,845}{54,85} \\ &= \frac{0,25\ g/m^3 \cdot 106,845}{54,85} = \mathbf{0,478\ g/m^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fe(III) - hidroxid\ csapadék_{max} &= \frac{Fe\ (max) \cdot 106,845}{54,85} = \frac{0,41\ g/m^3 \cdot 106,845}{54,85} \\ &= \mathbf{0,784\ g/m^3} \end{aligned}$$

---

Az oxidáció következtében keletkező Mn(IV)-hidroxid csapadék mennyiségének meghatározása:

$$\begin{aligned} Mn(IV) - hidroxid\ csapadék_{tervezési} &= \frac{Mn\ (tervezési) \cdot 122,983}{54,938} \\ &= \frac{0,025\ g/m^3 \cdot 122,983}{54,938} = \mathbf{0,056\ g/m^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn(IV) - hidroxid\ csapadék_{max} &= \frac{Mn\ (max) \cdot 122,983}{54,938} = \frac{0,05\ g/m^3 \cdot 122,983}{54,938} \\ &= \mathbf{0,112\ g/m^3} \end{aligned}$$

---

Végül a keletkező össz. lebegőanyag mennyiségének meghatározása:

$$\text{Össz. lebegőanyag}_{tervezési} = 0,478\ g/m^3 + 0,056\ g/m^3 = \mathbf{0,534\ g/m^3}$$

$$\text{Össz. lebegőanyag}_{max} = 0,784\ g/m^3 + 0,112\ g/m^3 = \mathbf{0,896\ g/m^3}$$

---

## CIKLUSIDŐ MÉRETEZÉSE

Paraméter	Mértékegység	Értéke
szűrési ciklusidő	h	24

*Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Szűrési ciklusidő} \cdot \text{Tervezési vízhozam}}{\text{Szűrők darabszáma}} = \frac{24 \text{ h} \cdot 1\,375 \text{ m}^3}{6 \text{ db}} \\ &= \mathbf{5\,500 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

*Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag<sub>tervezési</sub>*

$$\begin{aligned} &= \text{Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség} \\ &\quad \cdot \text{Össz. lebegőanyag<sub>tervezési</sub>$$

*Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag<sub>max</sub>*

$$\begin{aligned} &= \text{Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség} \\ &\quad \cdot \text{Össz. lebegőanyag<sub>max</sub>$$

*Ciklusidő alatt a szűrő fajlagos lebegőanyag terhelés<sub>tervezési</sub>*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag<sub>tervezési</sub>$$

*Ciklusidő alatt a szűrő fajlagos lebegőanyag terhelés<sub>max</sub>*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag<sub>max</sub>$$

---

Öblítés gyakorisága

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Szűrő terhelhetőségének mértéke}}{\text{Tényleges szűrési sebesség} \cdot \text{Kiszűrendő mechanikai szennyeződés}} \\ &= \frac{600 \text{ g / m}^2}{5,729 \text{ m/h} \cdot 0,896 \text{ g / m}^3} = \mathbf{117 \text{ h}} \end{aligned}$$

$$\text{Szűrőnkénti öblítés gyakorisága} = \frac{117 \text{ h}}{24 \text{ h}} = \mathbf{4,875 \text{ naponta}}$$

Ez az eredmény egy elméletileg számított érték, a valóságban ennél sokkal gyakoribb öblítés kerül alkalmazásra.

---

## ZAGYVÍZ ÜLEPÍTŐ MÉRETEZÉSE

---

$$\begin{aligned} & \text{Zagyvíz lebegőanyag koncentrációja}_{\text{tervezési}} \\ &= \frac{\text{Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag}_{\text{tervezési}}}{\text{Szűrőmosás teljes vízvesztésége}^7} \\ &= \frac{2\,938,4 \text{ g/szűrő/ciklusidő}}{172 \text{ m}^3} = \mathbf{17,084 \text{ g/m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zagyvíz lebegőanyag koncentrációja}_{\text{max}} &= \frac{\text{Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag}_{\text{max}}}{\text{Szűrőmosás teljes vízvesztésége}} \\ &= \frac{4\,929,7 \text{ g/szűrő/ciklusidő}}{172 \text{ m}^3} = \mathbf{28,66 \text{ g/m}^3} \end{aligned}$$

---

$$\begin{aligned} & \text{Zagyvíz vas koncentrációja}_{\text{tervezési}} \\ &= \frac{\text{Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség} \cdot \text{Fe (tervezési)}}{\text{Szűrőmosás teljes vesztesége}} \\ &= \frac{5\,500 \text{ m}^3 \cdot 0,25 \text{ g/m}^3}{172 \text{ m}^3} = \mathbf{7,99 \text{ g/m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Zagyvíz vas koncentrációja}_{\text{max}} \\ &= \frac{\text{Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség} \cdot \text{Fe (max)}}{\text{Szűrőmosás teljes vesztesége}} \\ &= \frac{5\,500 \text{ m}^3 \cdot 0,41 \text{ g/m}^3}{172 \text{ m}^3} = \mathbf{13,11 \text{ g/m}^3} \end{aligned}$$

---

$$\begin{aligned} & \text{Zagyvíz mangán koncentrációja}_{\text{tervezési}} \\ &= \frac{\text{Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség} \cdot \text{Mn (tervezési)}}{\text{Szűrőmosás teljes vesztesége}} \\ &= \frac{5\,500 \text{ m}^3 \cdot 0,025 \text{ g/m}^3}{172 \text{ m}^3} = \mathbf{0,79 \text{ g/m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Zagyvíz mangán koncentrációja}_{\text{max}} \\ &= \frac{\text{Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség} \cdot \text{Mn (max)}}{\text{Szűrőmosás teljes vesztesége}} \\ &= \frac{5\,500 \text{ m}^3 \cdot 0,05 \text{ g/m}^3}{172 \text{ m}^3} = \mathbf{1,59 \text{ g/m}^3} \end{aligned}$$

---

<sup>7</sup> A szűrőmosás teljes veszteségi értékének számítása a „További számítások” című alfejezetben található meg.

### 4.3. További számítások

6. táblázat: Homokszűrő tervezési adatai

Paraméter	Mértékegység	Értéke
<b>szűrés típusa</b>	zárt nyomás alatti szűrés fekvő hengeres kivitelben	
<b>szűrők száma</b>	db	6
<b>szűrők átmérője</b>	m	3,5
<b>szűrőfelület / szűrő</b>	m <sup>2</sup>	40
<b>szűrőfelület összesen</b> (=szűrőfelület * szűrők száma)	m <sup>2</sup>	240
<b>szűrési sebesség</b>	m/h	6,0
<b>megengedett lebegőanyagterhelés</b>	g/m <sup>2</sup>	600
<b>öblítési ciklusidő</b>	h	48
<b>napi szűrőöblítések száma</b>	db	6
<b>kiszűrendő mechanikai szennyeződés</b>	g/m <sup>3</sup>	0,896

7. táblázat: Levegős rázatás tervezési adatai

Paraméter	Mértékegység	Tervezési (átlag)
<b>levegős rázatás időtartama</b>	s	180
<b>levegős rázatás intenzitása</b>	m/h	60

8. táblázat: Víz-levegős öblítés tervezési adatai

Paraméter	Mértékegység	Tervezési (átlag)
<b>víz-levegős öblítés időtartama</b>	s	480
<b>levegős rázatás intenzitása</b>	m/h	50
<b>vízöblítés intenzitása</b>	m/h	8

9. táblázat: Vizes öblítés tervezési adatai

Paraméter	Mértékegység	Tervezési (átlag)
<b>vízöblítés időtartama</b>	s	600
<b>vízöblítés intenzitása</b>	m/h	18

10. táblázat: Előszűrlet tervezési adatai

Paraméter	Mértékegység	Tervezési (átlag)
<b>előszűrlet időtartama</b>	s	600



11. táblázat: Zagyvízkezelés, dekantáló tervezési adatai

Paraméter	Mértékegység	Tervezési (átlag)
befogadott öblítések száma	db	2
dekantáló medencék száma	db	2
dekantáló medencék szélessége	m	7
dekantáló medencék hossza	m	25
dekantáló medencék magassága	m	2
dekantáló medencék hasznos térfogata	m <sup>3</sup>	350
maximális dekantálási idő / medence	h	8
dekantált vízelvétel térfogatárama	m <sup>3</sup> /h	100
dekantálás fajlagos polimer adagolás	g/m <sup>3</sup>	0,2

## HOMOKSZŰRŐ ADATAI

*Ciklusidő alatt kiszűrt leegőanyag mennyisége*

= *Kiszűrendő mechanikai szennyeződés*

*Napi kezelt nyersvíz mennyisége*

*Szűrők száma*

$$= 1 \text{ g/m}^3 \cdot \frac{31\,038,498 \text{ m}^3/\text{d}}{6} = \mathbf{5\,173,083 \text{ g/szűrő/ciklusidő}}$$

*Ciklusidő alatt a szűrő fajlagos lebegőanyag terhelése*

= *Ciklusidő alatt kiszűrt leegőanyag mennyisége*

*Szűrőfelület/szűrő*

$$= \frac{5\,173,083 \text{ g/szűrő/ciklusidő}}{40 \text{ m}^2} = \mathbf{129,327 \text{ g/m}^2}$$

*Homokszűrők vízvesztesége* =  $\frac{\text{Napi zagyvíz mennyisége}}{\text{Napi kezelt nyersvíz mennyisége}}$

$$= \frac{1\,038,498 \text{ m}^3/\text{d}}{31\,038 \text{ m}^3/\text{d}} \cdot 100 = \mathbf{3,346 \%}$$

## LEVEGŐS SZŰRŐÖBLÍTÉS ADATAI

---

$$\begin{aligned}\text{Öblítőlevegős térfogatáram} &= \text{Levegős rázatás intenzitása} \cdot \text{Szűrőfelület/szűrő} \\ &= 60 \text{ m/h} \cdot 40 \text{ m}^2 = \mathbf{2\,400 \text{ m}^3/\text{h}}\end{aligned}$$

---

## VÍZ-LEVEGŐS SZŰRŐÖBLÍTÉS ADATAI

---

$$\begin{aligned}\text{Öblítőlevegő térfogatárama} &= \text{Levegős rázatás intenzitása} \cdot \text{Szűrőfelület/szűrő} \\ &= 50 \text{ m/h} \cdot 40 \text{ m}^2 = \mathbf{2\,000 \text{ m}^3/\text{h}}\end{aligned}$$

---

$$\begin{aligned}\text{Öblítővíz térfogatárama} &= \text{Vízöblítés intenzitása} \cdot \text{Szűrőfelület/szűrő} \\ &= 8 \text{ m/h} \cdot 40 \text{ m}^2 = \mathbf{320 \text{ m}^3/\text{h}}\end{aligned}$$

---

$$\begin{aligned}\text{Visszamosás öblítővíz mennyisége} \\ &= \frac{\text{Öblítővíz térfogatárama}}{3\,600} \cdot \text{Víz – levegős öblítés időtartama} \\ &= \frac{320 \text{ m}^3/\text{h}}{3\,600} \cdot 480 \text{ s} = \mathbf{42,667 \text{ m}^3}\end{aligned}$$

---

## VIZES SZŰRŐÖBLÍTÉS ADATAI

---

*Öblítővíz térfogatárama = Vízüblítés intenzitása · Szűrőfelület/szűrő*

$$= 18 \text{ m/h} \cdot 40 \text{ m}^2 = \mathbf{720 \text{ m}^3/\text{h}}$$

---

*Visszamosás öblítővíz mennyisége*

$$= \frac{\text{Öblítővíz térfogatárama}}{3\,600} \cdot \text{Vízüblítés időtartama}$$

$$= \frac{720 \text{ m}^3/\text{h}}{3\,600} \cdot 600 \text{ s} = \mathbf{120 \text{ m}^3}$$

---

## ELŐSZŰRLET ADATAI

---

*Előszűrletezett vízmennyiség*

$$= \frac{\text{Vízkezelési technológia kapacitása}}{\text{Szűrők száma}} \cdot \frac{\text{Előszűrlet időtartama}}{3\,600}$$

$$= \frac{1\,250 \text{ m}^3/\text{h}}{6} \cdot \frac{180 \text{ s}}{3\,600} = \mathbf{10,416 \text{ m}^3}$$

---

## TELJESÍTMÉNYADATOK

---

*Szűrőmosásonkénti zagyvíz mennyisége*

$$\begin{aligned} &= \text{Előszűrletezett vízmennyiség} \\ &+ \text{Visszamosás öblítővíz mennyisége (vizes öblítés)} \\ &+ \text{Visszamosás öblítővíz mennyisége (viz – levegős öblítés)} \\ &= 10,416 \text{ m}^3 + 120 \text{ m}^3 + 42,667 \text{ m}^3 = \mathbf{173,083 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

---

*Napi kezelt nyersvíz mennyisége*

$$\begin{aligned} &= \text{Kezelt víz mennyisége} + \text{Napi hulladékvíz mennyisége} \\ &= 30\,000 \text{ m}^3/\text{d} + 1\,038,498 \text{ m}^3/\text{d} = \mathbf{31\,038,498 \text{ m}^3/\text{d}} \end{aligned}$$

---

*Napi hulladékvíz mennyisége = Napi zagyvíz mennyisége*

$$\begin{aligned} &= \text{Szűrőmosásonkénti zagyvíz mennyisége} \\ &\cdot \text{Napi szűrőöblítések száma} \\ &= 173,083 \text{ m}^3 \cdot 6 = \mathbf{1\,038,498 \text{ m}^3/\text{d}} \end{aligned}$$

---

*Napi zagyvíz mennyisége*

$$\begin{aligned} &= \text{Szűrőmosásonkénti zagyvíz mennyisége} \\ &\cdot \text{Napi szűrőöblítések száma} \\ &= 173,083 \text{ m}^3 \cdot 6 = \mathbf{1\,038,498 \text{ m}^3/\text{d}} \end{aligned}$$

---

$$\text{Napi vízveszteség} = \frac{\text{Napi hulladékvíz mennyisége}}{\text{Napi kezelt nyersvíz mennyisége}} \cdot 100$$

$$= \frac{1\,038,498 \text{ m}^3/\text{d}}{31\,038 \text{ m}^3/\text{d}} \cdot 100 = \mathbf{3,346 \%}$$

A számított veszteségi érték lényegesen kisebb, mint az előzetesen feltételezett 10 %-os érték. Az eltérés ugyan a biztonság javára történik, de a technológia minimálisan túl lett méretezve.

---

## ZAGYVÍZ ÜLEPÍTŐ MEDENCE TÉRFOGATADATAI

---

*Dekantálendő víz mennyisége (előszűrlet nélkül)*  
= *Befogadott öblítések száma*  
· *[Visszamosás öblítővíz mennyisége (vizes öblítés)*  
+ *Visszamosás öblítővíz mennyisége (víz – levegős öblítés)]*

$$= 2 \cdot (120 \text{ m}^3 + 42,667 \text{ m}^3) = \mathbf{325,334 \text{ m}^3}$$

---

Végül egy összegző táblázat kerül bemutatásra, mely a méretezés és a számítások eredményeit foglalja össze egy helyre:

12. táblázat: Eredmények összesítése

	Megnevezés	Mennyiség	Érték
Napi	Napi kezelt nyersvíz mennyisége	m <sup>3</sup> /d	31038,498
	Napi hulladékvíz mennyisége	m <sup>3</sup> /d	1038,498
	Napi zagyvíz mennyisége	m <sup>3</sup> /d	1038,498
	Napi vízveszteség	%	3,346
Ciklusidő	Ciklusidő alatt egy szűrőre jutó vízmennyiség	m <sup>3</sup>	5500
	Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag (tervezési)	g/szűrő/ciklusidő	2938,4
	Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag (max)	g/szűrő/ciklusidő	4929,7
	Ciklusidő alatt a fajlagos lebegőanyag (tervezési)	g/m <sup>2</sup>	73,46
	Ciklusidő alatt a szűrő fajlagos lebegőanyag (max)	g/m <sup>2</sup>	123,24
	Öblítés gyakorisága	h	117
	Szűrőnkénti öblítés	naponta	4,875
Homokszűrő	Szükséges össz. szűrőfelület	m <sup>2</sup>	229,2
	Szűrők darabszáma	db	6
	Tényleges szűrési sebesség	m/h	5,729
	Ciklusidő alatt kiszűrt lebegőanyag mennyisége	g/szűrő/ciklusidő	5173,083
	Ciklusidő alatt a szűrő fajlagos lebegőanyag terhelése	g/m <sup>2</sup>	129,327
	Homokszűrők vízvesztesége	%	3,346
Öblítés	Öblítőlevegős térfogatáram (levegős)	m <sup>3</sup> /h	2400
	Öblítőlevegős térfogatáram (víz-levegős)	m <sup>3</sup> /h	2000
	Öblítővíz térfogatáram (víz-levegős)	m <sup>3</sup> /h	320
	Visszamosás öblítővíz mennyisége (víz-levegős)	m <sup>3</sup>	42,667
	Öblítővíz térfogatáram (vizes)	m <sup>3</sup> /h	720
	Visszamosás öblítővíz mennyisége (vizes)	m <sup>3</sup>	120
	Előszűrlet vízmennyisége	m <sup>3</sup>	10,416
	Szűrőmosásonkénti zagyvíz mennyisége	m <sup>3</sup>	173,083
Zagyvíz	Zagyvíz lebegőanyag koncentrációja (tervezési)	g/m <sup>3</sup>	17,084
	Zagyvíz lebegőanyag koncentrációja (max)	g/m <sup>3</sup>	28,66
	Zagyvíz vas koncentrációja (tervezési)	g/m <sup>3</sup>	7,99
	Zagyvíz vas koncentrációja (max)	g/m <sup>3</sup>	13,11
	Zagyvíz mangán koncentrációja (tervezési)	g/m <sup>3</sup>	0,79
	Zagyvíz mangán koncentrációja (max)	g/m <sup>3</sup>	1,59
	Dekantálandó víz mennyisége (előszűrlet nélkül)	m <sup>3</sup>	325,334
Klórozás	Vasoxidáció klórigénye (tervezési)	g/m <sup>3</sup> klórgáz	0,159
	Vasoxidáció klórigény (max)	g/m <sup>3</sup> klórgáz	0,261
	Mangánoxidáció klórigénye (tervezési)	g/m <sup>3</sup> klórgáz	0,032
	Mangánoxidáció klórigény (max)	g/m <sup>3</sup> klórgáz	0,065
	Össz.oxidáció klórigénye (tervezési)	g/m <sup>3</sup> klórgáz	0,191
	Össz.oxidáció klórigénye (max)	g/m <sup>3</sup> klórgáz	0,325
	Fe(III)-hidroxid csapadék (tervezési)	g/m <sup>3</sup>	0,478
	Fe(III)-hidroxid csapadék (max)	g/m <sup>3</sup>	0,784
	Mn(IV)-hidroxid csapadék (tervezési)	g/m <sup>3</sup>	0,056
	Mn(IV)-hidroxid csapadék (max)	g/m <sup>3</sup>	0,112
	Össz. lebegőanyag (tervezési)	g/m <sup>3</sup>	0,534
	Össz. lebegőanyag (max)	g/m <sup>3</sup>	0,896

## 5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 5.1. Tervezés részletes ismertetése

#### 5.1.1. Vízkivétel, vízkormányzás

A vízkivételi mű meglévő, üzemelő. Az új technológiai létesítmények megvalósításához tartozóan kisebb fejlesztésekre kerül sor. A vízakna betonszerkezetének felmérésére legutoljára 2011.01.27-én került sor. A felmérés értelemszerűen nem terjedhetett ki a teljes betonpalástra, a felmérést végző szakszervezet a vízakna acél fedlapja, és az akkori üzemi vízszint között lévő palást részeket tudta felmérni, mely palástmagasság –a rendelkezésünkre bocsátott dokumentum szerint– 30 m mélységig terjedt. A fotódokumentáció alapján a vízakna palástján sérülések és külső vízbetörések detektálhatóak. Ezen palásthibák elhárítása vízminőségi kockázatok miatt (például *Pseudomonas aeruginosa* megjelenése talajvízbetörés esetén) kiemelten fontos. Az esetleges betonkorrozíós hibák javítása kiterjed a kilátszó betonvasak passziválására és felületi kezelésére, a vízbetörés javítása és az infiltráció megakadályozása injektációs módszerrel lehetséges. A vízakna palástjának mélyebb részekben történő felmérése és javítása kizárólag bűvártechnológiával lehetséges. A víztér feletti forgózsámoly és felépítmény elbontásra kerül, helyére a szivattyúállások felett nyitható acél gépfödém kerül kialakításra. A szintén acélszerkezetből épített felépítmény helyére új, könnyűszerkezetes szendvicspanel épület létesül, motorosan eltolható tetőszerkezettel. A tetőszerkezet mozgathatósága teszi lehetővé a kútszivattyúk cseréjét autódaru segítségével.

A vízaknában található vízszintmérők funkciója megmarad, ugyanakkor cseréjük szükséges háromcsatornás (vízszint-, hőmérséklet- és vezetőképesség) mérésére is alkalmas szondákra. A vízaknában jelenleg telepített szivattyúk nem rendelkeznek frekvenciaváltós hajtásszabályozással, a helyükre új frekvenciaváltós üzemre alkalmas szivattyúk telepítése szükséges. A szivattyúkat olyan szempontok figyelembevételével kell megválasztani, hogy a megrendelő által meghatározott 1500 m<sup>3</sup>/h termelt vízmennyiséghez szükséges nyersvízmennyiséget 4 db gép 100%-os redundancia mellett tudja kiszolgálni. Ennek megfelelően a telepítésre kerülő gépek összesen 8 db, 4+4 konfigurációban üzemelő, egyforma tulajdonságokkal rendelkező bűvárszivattyú. A szivattyúk térfogatárammérői vezérlő jelet biztosítanak a szivattyúk fordulatszám-szabályozásához, illetve az üzemvitelük monitorázást teszik lehetővé. A telepítés során a korábban mélyen bebetonozott tartószerkezetek megmaradnak, az újonnan telepítésre kerülő gépek felfogatása továbbra is ezekre történik. A várható nagyobb mennyiségű nyersvíz kitermelés, és ezzel összefüggésben a várható nagyobb

leszívás (depressziós tölcser kialakulása) okán a szivattyúk beépítési mélységét a jelenlegitől 5 méterrel mélyebbre szükséges meghatározni.

### 5.1.2. Oxidáció (vas-mangántalanítás)

A vízaknából történő vízkivétel után a nyersvíz a szűrőgépház épületébe érkezik; aminek temperáló fűtését télen biztosítani szükséges. A beérkező nyersvíz alapvető fizikai és kémiai paraméterei online mérőállomással monitorozásra kerülnek. Mérendő paraméter a zavarosság, a pH, a hőmérséklet és a vezetőképesség. Zavarosságmérés tekintetében alacsony mérési tartományban működő, ISO-kompatibilis lézeres zavarosságmérő szükséges, fali konzollal, buborék csapda és kalibrációs fedél kiegészítőkkel. A mérőberendezéssel kompatibilis két csatornás 4-20 mA-es analóg kimenettel rendelkező jelfeldolgozó egységgel kell ellátni, amely biztosítja az aktuálisan mért értékek helyszíni leolvashatóságát, illetve továbbítja a mért értéket a kommunikációs egység felé. Az elvárt méréshatárok a 0-2 NTU tartomány annak érdekében, hogy nagyobb legyen a mérés felbontása. A jelfeldolgozó egység által kiadott 4-20 mA-es jel esetében ennek megfelelően a 4 mA felel meg a mért 0 értéknek, míg a 20 mA-hez tartozik a 2 NTU mért érték.

A vas- és mangántalanítás két lépcsőből álló technológiai folyamat. Első lépésként a redukált állapotú, vízben jól oldódó  $Fe^{2+}$ , illetve  $Mn^{2+}$  vegyületeket kell oxidálni  $Fe^{3+}$ , illetve  $Mn^{4+}$  vegyületekké, melyek vízben rosszul oldódó csapadékot képeznek. A klórgáz adagoló berendezés az indukciós mennyiségmérő vezérlőjele alapján végzi a beállított előklór-adagolást. A klórgáz a hajtóvízhez vákuumos rendszerrel kerül adagolásra, majd a klóros hajtóvizet a homokszűrők leágazásai előtt keverjük a beérkező nyersvíz vezetékbe. Az adagolt előklór mennyiségének elegendőnek kell lennie a vas- és mangán- és az esetlegesen előforduló ammónium oxidálásához. Az előoxidációhoz szükséges klórigényt az alábbi táblázat foglalja össze:

13. táblázat: Előoxidációs klórigény

	Tervezési érték [ $\mu\text{g/l}$ ]	Maximális érték [ $\mu\text{g/l}$ ]	Klórigény tervezési értékhez [ $\text{g/m}^3$ ]	Klórigény maximum értékhez [ $\text{g/m}^3$ ]
<b>Vas</b>	250	410	0,159	0,26
<b>Mangán</b>	25	50	0,032	0,065
<b>Összesen</b>	-	-	0,191	0,325

Az adagolandó klórmennyiség névleges térfogatáram esetén, tervezési értéken: 247 g/h. Az adagolandó klórmennyiség névleges térfogatáram esetén, maximálisan: 420 g/h. Az elméletileg



meghatározott klórgáz-mennyiség mellett a klórozásból visszamaradó szabad aktív klór koncentrációjának mérése is megtörténik online klórmérővel.

### 5.1.3. Gyorsszűrés

A két technológiai lépés –az oxidáció és a szűrés– hatékonysága egyformán fontos. Megfelelő hatékonyságú oxidáció nélkül nem képződik szűrhető csapadék, másrésztől kellő hatékonyságú szűrés nélkül a képződött csapadék a kezelt vízben marad. A képződő csapadék a számolt koncentrációban szűréssel eltávolítható a vízből. Jelen esetben a viszonylag csekély mennyiségű csapadék miatt előzetes ülepitésre/derítésre nincs szükség.

Az előklórozott víz a szűrőházi csőpincében elhelyezett közös nyersvíz-vezetékéről ágazik le az egyes homokszűrőkre. A homokszűrők zárt, nyomás alatti fektetett hengeres szűrők. A szűrőtartályok anyaga szénacél, belső felületük ivóvízkezelésben alkalmazható engedéllyel rendelkező bevonattal van ellátva. A szűrőfenék szűrőgyertyás kialakítású. A szűrőtöltet 0,8-1,2 mm frakcióméretű osztályozott szűrőhomok, rétegvastagsága 110 cm. A szűrők kialakításánál támréteg nem került tervezésre. A szűrő megengedett lebegőanyag terhelése 600 g/m<sup>2</sup>.

A 6 db független műtárgy párhuzamosan üzemel, a szűrők egyenként kiszakaszolhatóak. A gyorszűrőkre a víz automatikus szabályozás nélkül folyik rá. Annak érdekében, hogy minden egyes homokszűrő lehetőség szerint azonos felületi terhelést kapjon, a nyersvíz vezetékeikbe kézi szabályzószelepek kerülnek beépítésre. Minden egyes szűrő nyersvíz bevezetés oldalán külön térfogatárammérés kerül kialakításra, mellyel az egyenletes terhelés ellenőrizhető. Továbbá az egyes szűrők eltömődésére is szintén ezen térfogatárammérésekből lehet következtetni és ennek függvényében lehet szűrőmosást indítani. A gyorszűrés legfontosabb jellemzői:

Szűrők száma:	6	db
Szűrők átmérője:	3 500	mm
Szűrők hossza:	12	m
Szűrőfelület:	40	m <sup>2</sup>
Szűrési sebesség:	6	m/h

A szűrők töltetében visszamaradt vas-, mangán csapadékot automatikus öblítés távolítja el. Az öblítés a tisztavíz medencéből nyomásfokozó szivattyúval történik, levegős töltetlazítás mellett. Az 1 üzemi + 2 tartalék gépcsoport mindegyike frekvenciaváltóval szabályozható. A gyertyás szűrőrendszer lehetővé teszi a gyorszűrők levegős lazítását, vegyes víz-levegős, és

csak vizes öblítést. Ennek megfelelően a szűrőöblítés 3 fázisban történik; levegős, vizes-levegős, valamint vizes öblítés. Az öblítővíz-szivattyúk a szivattyúgépházban a hálózati szivattyúk mellett kerülnek elhelyezésre. A közös nyomóágban a víz térfogatárammérése kerül elhelyezésre. Az öblítés végén rövid ideig előszűrlet elvétel történik.

Az öblítő légfúvók a szűrőházi épületben, külön technológiai helyiségben kerülnek elhelyezésre. A közös nyomóágban levegő tömegárammérés kerül elhelyezésre. Ezesetben is frekvenciaváltós szabályozás biztosított az 1 üzemi + 2 tartalék gépcsoport mindegyikéhez. A tényleges légszállítás a gép jelleggörbéjéről olvasható le, a légtömegáram mérése tájékoztató adatként kerül rögzítésre. A ténylegesen szükséges levegőmennyiség, illetve a hozzá kapcsolódó üzemi frekvencia értéke a próbaüzem során határozandó meg.

Az öblítés kezdődhet egy előre meghatározott időtartam után vagy ha megnő a szűrőkön a hidraulikai ellenállás, és a ráfolyó nyersvíz térfogatárama egy beállított érték alá csökken. Kritikus esetben soron kívüli öblítést a kezelő is indíthat. A szűrőöblítés tervezési értékeit az alábbi táblázatban kerül összefoglalásra. Az egyes fázisok hossza és tényleges intenzitása a próbaüzem során pontosítandó. Az öblítés végén 3 perc előszűrlet elvétel szükséges az üzemi szűrési sebesség (6 m/h) mellett.

14. táblázat: A szűrőöblítés tervezési paraméterei

Fázis	Idő [perc]	Öblítővíz [m/h]	Öblítő levegő [m/h]	Öblítővíz [m <sup>3</sup> /h]	Öblítő levegő [Nm <sup>3</sup> /h]	Öblítővíz szükséglet [m <sup>3</sup> ]
<b>Levegős</b>	3	-	60	-	120	-
<b>Vegyes</b>	8	8	50	320	320	42
<b>Vizes</b>	10	18	-	720	-	119
<b>Összesen</b>	21	-	-	-	-	<u>163</u>

Amennyiben időszakos karbantartás, töltetcsere vagy esetleges meghibásodás miatt egy (vagy akár több) szűrő kikapcsolt állapotba kerül, úgy a többi üzemben maradó gyorszűrő öblítésének a rendkívüli üzemrend időszakában is automatikusan meg kell történnie. Az üzemirányító rendszer felületén szűrőnként módosíthatóvá kell tenni az öblítési gyakoriságot/ időpontot, az öblítési intenzitást, valamint az öblítési ciklusidőket.

A technológia hulladékvezeiről – előszűrlet, zagyvíz – külön kell gondoskodni. A homokszűrők öblítéséből származó zagyvizet külön erre a célra létesített dekantáló medencébe kell vezetni. Az előszűrletet vizet, szűrt vizes jellegének köszönhetően, szükségtelen a dekantáló medencébe vezetni, közvetlenül a befogadóba vezethető. A keletkező hulladékvíz mennyisége

173 m<sup>3</sup>/öblítés. Az ajánlott szűrőöblítés napi 1 db öblítés/szűrő. Amennyiben a próbaüzem alatti eredmények kedvezőek, úgy a szűrőmosások gyakorisága 48 órára módosítható.

Amennyiben a DRV Zrt. aktívszén adszorberek létesítése mellett dönt, a szűrtvíz áramlási irányának megváltoztatásával, a karimához új csőszakasz építésével a homokszűrt víz a majdani GAC-szűrőház felé kormányozható.

#### **5.1.4. Fertőtlenítés**

A tisztavíz medencék előtti fertőtlenítőszer adagolás már a hálózati víz minőségének biztonságát szolgálja. A fertőtlenítés a gyorszűrést követően a kollektorvezetékbe történő klórgázzal dúsított hajtóvíz adagolásával történik. Az adagolás részére a kollektor vezetékbe telepített vízhozammérő szolgáltatót vezérlő jelet. A klóradagolás mértékét a próbaüzem alatt kell véglegesíteni. Az adagolási koncentrációt úgy kell meghatározni, hogy a hálózatba táplálás előtt – a medencében történő hosszú tartózkodási idő figyelembevételével – a szabad aktív klór koncentrációja 0,5 mg/l értékű legyen. Az utóklór beadagolást követően a DN600-as szűrtvíz kollektorvezeték a szűrőház épületén belül két egyenértékű DN600-as vezetékre válik szét.

#### **5.1.5. Víz tárolás**

A tisztavíz-medence meglévő, üzemelő kör alakú műtárgy. Két, egyenként 10 000 m<sup>3</sup>-es kamrából áll. A külső gyűrű jelenlegi nyersvíz tároló funkciója megszűnik, ez a kamra is tisztavíz tárolási célt fog szolgálni. A két kamra jelenlegi DN800-as töltővezetékei elbontásra kerülnek, helyettük új DN600-as átmérőjű GÖV vezeték kerülnek lefektetésre a szűrőházból történő kilépés után. A ténylegesen kihasználható térfogat 2 x 9 000 m<sup>3</sup>.

A zárkamra funkciója (kiszakaszolás, kamra kizárás, vízkormányzás) teljes mértékben megmarad, de a jelenlegi csövek a régiék nyomvonalán új átmérőben, saválló anyagból kerülnek megépítésre, a régi elzárók helyére új motoros csapózárak kerülnek telepítésre. A két kamrát töltő vezeték közötti kapcsolat motoros elzáróval történő szakaszolási lehetőséggel továbbra is megmarad. A medencék új töltővezetékeit a kamrákon belül úgy kell kialakítani, hogy a víz pangásának esélye a lehető legminimálisabb legyen.

A tisztavíz-medence szívóvezetékei szintén cserére kerülnek, a vezeték korábbi DN800-as átmérője helyett a zárkamrán belül új DN700-as, saválló anyagból készült csőszakaszok kerülnek telepítésre. A szívóvezetékek közötti vízkormányzási lehetőség válaszzár segítségével megmarad. Az egyes szívóvezetékbe új elzárók kerülnek telepítésre. A szívóvezeték anyaga a zárkamra elhagyása után változik, saválló acélról GÖV anyagra vált az udvartéren.

Leürítés esetén a vízterek felmérése, és a feltárt hibák javítása mindenképpen végrehajtandó. Az esetleges vízszivárgások megszüntetését injektálással kell elvégezni. A medencék külső szigetelését szintén teljesíteni kell. Továbbá a medence lapostető, valamint a komplett zárkamra építészeti felújítását kell megvalósítani.

#### **5.1.6. Hálózati szivattyúzás**

Az udvartér felől új nyomvonalon két DN700-as szívóvezeték érkezik a technológiai épület hálózati szivattyúknak helyet adó térrészébe. Az épület falátvezetése után mindkét vezeték kizárható, illetve, ha az üzemeltetés megkívánja, külön is szakaszolható és összenyitható. A hálózatba táplálás előtt a tiszta víz alapvető fizikai és kémia paraméterei online vízminőségmérő állomáson kerülnek monitorozásra. A mért paraméterek a szabad aktív klór, a zavarosság, a hőmérséklet, a pH, illetve a vezetőképesség.

A hálózati szivattyúk két csoportra különíthetők el, melyek egymás tartalékai. A gépek konfigurációja 2x4 gép, melyek megegyező tulajdonságokkal rendelkeznek. A gépek egyenkénti névleges szállítókapacitása 500 m<sup>3</sup>/h, 58 m v.o. A szivattyúk mindegyike frekvenciaváltós hajtással rendelkezik. A hálózati szivattyúk esetében a két gépcsoport két külön távvezeték lát el. Mindkét távvezeték rendelkezik külön vízhozamméréssel a térfogatáram szabályzós üzemállapothoz, illetve nyomásméréssel a nyomástartásos üzemállapothoz. A távvezetékek védelme érdekében lengésvédelmi rendszer telepítése kiemelten fontos a tranziens jelenségek megfelelő korlátozására. A lengésvédelmi üstök az udvartéren kerülnek elhelyezésre az épület déli oldalán. A lengésvédelem csatlakozó vezetékének átmérője DN400, a tartályok térfogata 10 m<sup>3</sup>.

A gépház kialakítása szerint az 1-es gépcsoport szívóvezetéke látja el a gyorszűrők öblítővíz szivattyúit, míg a másik gépcsoport szívóvezetéke a KRS szivattyúkat. A KRS szivattyúcsoport 3 üzemi és 2 tartalék konfigurációban üzemelő gépegység, külön vízhozamméréssel a térfogatáram szabályzós üzemállapothoz, illetve nyomásméréssel a nyomástartásos üzemállapothoz. A szivattyúk egyenként rendelkeznek motorra szerelt frekvenciaváltóval. A gépegységek üzemeltetését külön vezérlő biztosítja. A KRS nyomóvezeték az épület csőpincéjében fut végig, majd az udvartéren csatlakozik a meglévő DN150-es körvezetékhez.

A gépházban található nyomásfokozó szivattyúk előtt tartalék klórbeviteli eszközök kerülnek telepítésre. Amennyiben az üzemeltetés megkívánja, úgy a medencékből érkező tisztavíz klórtartalma ezen berendezések üzembe helyezésével növelhető. Ez a klórozó egység átkötéssel rendelkezik az öblítővíz szivattyúk nyomó ágába is. Alapállapotban a szűrők öblítése

a hálózatba táplált klórkoncentrációt tartalmazó vízzel történik. Szükség esetén azonban lényegesen nagyobb koncentrációban is biztosítgató adagolás, ha „sokkoló” fertőtlenítést kell eszközölni.

### 5.1.7. Vegyszeradagolás

Jelen vízkezelési technológiában két helyen történik vegyszerfelhasználás; klóradagolás a vízvonalon, valamint polimer adagolás az iszap víztelenítése során.

#### A. Klórgáz adagolása

A klórgáz adagolás a tervezett technológiában kettős szereppel bír, egyrészt mint oxidálószer másrészt, mint fertőtlenítőszer. Oxidálószerként az oldott állapotú vas és mangán kicsapására használatos. A klórozás technológiai folyamatábrája a **3.mellékletként** található meg.

Három adagolási ponton adagolható klórgáz a vízhez:

1. nyersvíz klórozása,
2. kezelt víz klórozása,
3. hálózati víz utóklórozása, öblítővíz klórozás.

Mindhárom klóradagoló berendezés azonos logika mentén működik. A klórozás egyes berendezései a klórozó technológiai helyiségben kerülnek elhelyezésre. A klór megfelelő és biztonságos adagolása a klórgáz hajtóvízben történő elnyelésével történik. A technológiai helyiségben 4+4 db klórpalack egyidejű felfogatására van lehetőség. A szomszédos tároló helyiségben megengedett teli palackok száma maximum 12 db. A rendszer biztonságos, vákuum által működtetett úgynevezett „advance” típusú eszközökből áll. A működéshez szükséges vákuumot az egyes adagolási pontokon lévő hajtóvíz szivattyúk állítják elő ejektorok segítségével. A klórgázt vákuum alatti vezetékek szállítják az adott adagolási pontokhoz. Mindegyik beadagolási pont rendelkezik tartalék hajtóvíz szivattyúval és tartalék ejektorral. Az egyes körök egymás tartalékként tudnak funkcionálni. Az üzemelő és tartalék ágak közti átállást táv üzemállapotban is el lehet végezni motoros szerelvények segítségével.

Az egyidőben lefejtés alatt álló palackok száma 4 db. Minden egyes palack alatt mérleg található, mely az irányítási rendszerhez van csatlakoztatva. Ezzel a vegyszerfogyás folyamatos nyomon követése biztosított, a vegyszerfogyásból pedig a palackok cseréjének ideje előre kiszámítható. A 4 db palack egyszerre üzemel, egyszerre ürül ki. Kiürülés esetén egy mechanikus működésű szelep automatikusan átvált a másik 4 darabból álló palackcsoportra. A váltószelep visszajelzést ad az üzemelő oldalról. Minden palack elzáró szelep tetejére motoros

havária elzáró berendezés kerül telepítésre, mely energiaellátását áramszünet esetén is szünetmentes tápegységgel szükséges biztosítani. A klórgerincvezetékben a vákuum meglétét nyomástávadóval lehet ellenőrizni. A klórgáz gerincvezetékébe üveggyapottal töltött gázsűrő kerül, mely a palackokban található finom szilárd szennyeződések a gázáramból eltávolítja, megakadályozva a finom tűszelepek, kis átmérőjű gázvezetékek és ejektorok eltömődését. Karbantartás idejére a klórsűrő by-pass vezetékkel megkerülhető.

A gerincvezetékéről ágaznak le az egyes adagolási pontokhoz tartozó klór vezeték. A berendezések méretei olyan szemlélet szerint kerültek meghatározásra, hogy széles tartományban legyenek képesek a pontos adagolást megvalósítani. Ez azt jelenti, hogy az előklór, valamint a technológiai utóklórozás esetében az 1. ágak 1 kg/h adagolási kapacitással, míg a 2. ágak 2 kg/h adagolási kapacitással rendelkeznek. Kivétel ez alól a hálózati víz fertőtlenítési pontja, ott mindkét adagoló 4 kg/h kapacitású. A klórgáz adagolását távműködtetésű motoros szabályzó szelepek végzik, melyhez a vezérlő alapjelet a beadagolási pontok előtt telepített vízhozammérők biztosítják. A klór adagolásokat 4-20 mA-es analóg jelről vezérelve, mennyiségarányosan kell végezni. A klóradagolások mindegyikét úgy kell megvalósítani, hogy az üzemirányító rendszer felületén távolról, valamint a helyi PLC felületről is meg lehessen adni. Továbbá elvárt, hogy módosítani lehessen az egyes adagolandó fajlagos klórdózisokat ( $\text{g/m}^3$ ), valamint, hogy az adagolási érték kiszámítása és beállítása a mért vízhozam alapján automatikusan történjen.

A hálózat klórozási pontja esetében a vízhozammérők a szivattyúk nyomó ágába kerülnek telepítésre, de a klórgáz beadagolása a szivattyúk szívóvezetékébe történik. Ezen esetben a klórozott hajtóvíz kormányzásával a klórozás az öblítővízben is elvégezhető. A klóradagolás alapvetően minden esetben térfogatáram-arányosan történik, ugyanakkor a beadagolási pontok után online szabad aktív klórmérők kerülnek telepítésre. A klórmérők tájékoztató adatként szolgálnak az üzemirányítók részére, a szabályozásban nincs szerepük, úgynevezett „kaszkád” szabályozás nem kerül kialakításra. A berendezés üzembiztonságát szolgálják a hajtóvíz körökbe telepített áramláskapcsolók: amennyiben nincs áramlás a hajtóvíz körben, úgy az adott adagolási ág indítása szoftveresen nem engedélyezett.

A rendszer alapvetően teljesen biztonságos, az alkalmazott technológia kiforrott. A gázvezeték esetleges sérülése esetén a vákuum hatására külső levegő kerül a vezetékbe, klórgáz nem tud kiszökni. Továbbá a klórozó technológiai helyiségéhez és a klórpalack tárolóhoz vészszellőző rendszer kerül kiépítésre egy kültéren elhelyezett klórgáz-semlegesítő berendezéssel. A vész-szellőző rendszer indítását a klórozóban elhelyezett, bármelyik légtéri klórgáz-érzékelő klórömlésriasztása indukálhatja. Több  $\text{Cl}_2$  palack tárolása esetén elegendő egy vészhelyzeti

gázsemlegesítő felszerelése, amelynek kapacitása képes az összes telepen tárolt klórpalack tartalmának semlegesítésére.

## **B. Polielektrolit adagolása**

Szerves polimer adagolására az iszapvíztelenítés során van szükség. A tervezett rendszer kapcsolását a **4.melléklet** mutatja. A tervezett polimer előkészítő berendezés egy kompakt egység. A berendezés telepítéséhez, a vegyszerek oldásához vagy hígításához vegyszertápvíz biztosítása szükséges. Az elkészített polimer oldat adagolását csigaszivattyúval kell a felhasználás helyére továbbítani. A rendszer pontos számolásához és az eszközök meghatározásához a keletkező iszappal kapcsolatban érdemes kísérleteket és méréseket végezni (például szárazanyagtartalom tekintetében). Poharas tesztekkel (jar-test) többféle polimer kipróbálható, például szilárd vagy oldat formában érkező vegyszerek.

### **5.1.8. Hulladékvíz kezelése**

A korábbiakban már említettem, hogy több esetben is képződik technológiai hulladékvíz a tervezett vízkezelés során. A hulladékvíz elvezetésére több alternatíva kerül kiépítésre:

1. Kezelés nélkül, önálló csatornarendszeren keresztül, közvetlenül jutnak a befogadóba (a közeli patakba). Ide sorolhatóak a gyorszűrők öblítése utáni előszűrleti víz és a gyorszűrők ürítése során a fenékürítőn távozó szűrlet, valamint a medencék ürítése során a fenékürítőn távozó víz és a medencék túlfolyatása esetén a túlfolyón távozó víz.
2. Másik opció, amikor olyan tulajdonságokkal rendelkezik a hulladékvíz, mely előkezelést igényel. Dekantáló műtárgyban történő kezelés után jut a befogadóba a gyorszűrők öblítéséből származó zagyvíz.

A vízkezelő működése során a nyersvíz vas- és mangántartalma visszamarad a szűrőkben. A keletkező zagyvíz vas- és mangán-hidroxid csapadékokat tartalmaz, melynek elvezetéséről/ elhelyezéséről gondoskodni kell. Emiatt vas-és mangántalanítás során a szűrőket rendszeres öblítéssel kell támogatni. A tévhitekkel ellentétben ezek a csapadékok nem a veszélyes hulladékok osztályába sorolandó; kezelésükről, elhelyezésükről ennek megfelelően kell gondoskodni.

A szűrőöblítésből származó zagyvíz kezelésére külön dekantáló műtárgy és iszapvonali technológia létesül. A dekantáló műtárgy két medencét jelent, amibe a homokszűrők zagyvize érkezik. A megfelelő ülepedési idő eltelte után a dekantált víz – amennyiben a minősége megfelelő – a befogadóba továbbítható. Ebből következtetni lehet, hogy a tervezett dekantáló medence egy szakaszosan üzemelő és nem hosszanti átfolyású műtárgy. A dekantált víz zavarosságát online zavarosságmérővel szükséges ellenőrizni. Amennyiben a zavarosság értéke

5NTU fölé emelkedik, a dekantált víz elvételét abba kell hagyni. A zagyvíz a 19 09 kódcsoportú „ivóvíz vagy ipari víz termeléséből származó hulladékokhoz sorolható, és 19 09 99 (közelebről meg nem határozott hulladék) EWC- kóddal azonosítható. A dekantáló medencék aljában leülepedő és összegyülekező iszapot láncos kotrószerkezet továbbítja a zompokba. Csigaszivattyúkkal lehet biztosítani a zompokban felgyülemllett iszap kezelési technológiára történő továbbítását. Az iszapkezelés technológiai láncának következő lépése a szerves polielektrolit adagolása és elkeverése dinamikus csőkeverővel. Ezt az egységet követi a flokkuláció, majd az iszap víztelenítése szalagpréssel. Végül szállítócsiga továbbítja a víztelenített iszapot a konténerbe, melyet ártalmatlanításra el kell szállítani. Az iszap víztelenítése során keletkező csurgalékvíz közcsatornába kerül elvezetésre.

Amennyiben szükséges, a gyorsszűrők előszűrleti vizét is át lehet irányítani a dekantáló medencék felé. A szűrőgépházban az előszűrleti vezeték a zagyvízvezetékre kormányozható. Ugyanakkor a dekantáló medencék méretezése során az előszűrletből eredő vízmennyiség nem lett figyelembe véve. Normál üzemállapotban az a vezetékszakas, ami az előszűrlet dekantálókra történő vízkormányzását lehetővé teszi, dekantált vízvezetékként szolgál. Így egy időben dekantált víz elvétele és előszűrlet dekantálókra történő kormányzása nem lehetséges.

### **5.1.9. Segédüzemek**

#### **A. Házivíz rendszer**

Az új technológiai létesítmények ellátáshoz ki kell építeni a házivíz hálózatot. A házivíz rendszer szolgál a vegyszerek oldására, a vegyszerkezelés biztonsági berendezéseinek kiszolgálására, a kisebb vezetékek átöblítésére, valamint a humán jellegű szükségletek és tevékenységek kielégítésére. A megfelelő nyomás érdekében nyomáscsökkentéssel kell leágaztatni a hálózati nyomásfokozó szivattyúk nyomó ágairól. Az iszapgépház esetében a legmegfelelőbb vízellátás az irodaépületet is ellátó vezetékről történő leágazással biztosítható, de nyomáscsökkentő alkalmazása ebben az esetben is indokolt.

#### **B. Levegő ellátás (pneumatikához)**

A vízkezelő berendezések automatikus, PLC/SCADA rendszer által vezérelt üzemvitelét számos távműködtethető szerelvény szolgálja. Ezek részben elektromos működtetésűek, de a szűrőgépházban található működtetett szerelvények pneumatikusak. Pneumatikus működtetés ott célszerű és gazdaságos, ahol gyakori az üzemváltás, vagy relatíve gyors nyitás-zárás az igény. A szerelvények közül például a gyorsszűrők szerelvényei pneumatikusak. A rendszer nyomását kompresszorok biztosítják. A kompresszorok helyigénye minimális, így telepítési helye a szűrőgépházban található fűvógépház.



### **5.1.10. Vízminőség ellenőrzés**

A vízmintavételeket és a laboratóriumi ellenőrző vizsgálatokat a vonatkozó hatályos 5/2023 (I.12.) Kormányrendelet szerint kell elvégezni. A vízminőség-ellenőrzés kiterjed a technológia teljes folyamatára, illetve a kezelt víz folyamatközi minőségére ugyanúgy, mint a már előállított ivóvíz, illetve a hálózatba juttatandó tiszta, fertőtlenített víz minőségére. Az online analitikai mérések alapján általában nem történik automatikus beavatkozás, tekintettel a mérések esetleges bizonytalanságára. Ezek a mérések általában a kezelőt tájékoztatják, és a beavatkozás ezután kezelői döntés alapján történik.

A technológia működését irányítástechnikai rendszer ellenőrzi és vezérli; mindezt beépített műszerekkel és online vízminőségelemző készülékekkel mért állapot-jelek és paraméterek alapján. Továbbá minden kritikus ponton kialakításra kerülnek a vízmintavételi csapok; ahol biztosított a laboratóriumi ellenőrző vizsgálatok elvégzéséhez szükséges vízmintavételezés. A mintavételi csapok csak ½”-os rozsdamentes acél kivitelűek lehetnek. A vízkezelő helyiségben (szűrőházban) a mintavételi csapok alá elvárt a gyűjtőmedence létesítése. A gyűjtőmedence alja és a csap kifolyó része között kb. 30 cm távolságot kell tartani. Az edény kb. 20x30 cm alapterülettel és kb. 10 cm peremmel kell, hogy rendelkezzen. A medence lefolyóját a csurgalékvíz, illetve hulladékvíz elvezető rendszerbe (pl. padlócsatornába) kell bekötni.

A kezelendő és kezelt vízből mintavételi lehetőség lesz a technológiai lépések előtt és után, valamint a hálózatba táplálásnál. A vízminták elemzése által az egyes berendezések működése külön-külön is ellenőrizhető. A mintavételi helyek száma a próbaüzemi tapasztalatok alapján bővíthető, illetve módosítható.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A Tudományos Diákkör (TDK) keretein belül elkészített dolgozatom betekintést nyújt egy konkrét rekonstrukciós probléma tervezési megoldásába, a tervezés különböző fázisaiba, valamint egy teljes egész projekt lebonyolításába. Ugyan a dolgozatom tartalma a tervezés minden pontjára kitér, a hangsúlyt mégis a technológiai vonalra helyeztem. Ennek oka, hogy a vizes vonal a szakterületem, így a saját munka a technológia kialakításában és a méretezés elvégzésében mutatkozik meg.

Összességében elmondható, hogy a Fiktív Vízmű telephelyére integrált víztisztító technológia alkalmas lesz a megrendelő által kiadott igények kielégítésére. A kapacitását tekintve még a legkritikusabb időszakokban is bőven ki tudná elégíteni mind az ipari, mind a lakossági vízigényeket. A kiépítendő technológia által pedig biztosítottá válik a kifogástalan vízminőség vas- és mangánkoncentráció tekintetében. Amennyiben a monitorozás következtében egyéb szennyezőanyagok és/vagy elemek koncentrációja emelkedik meg, a technológia és a vegyszeradagolás felülvizsgálatát mihamarabb el kell végezni. Jelen koncepcióterv szerint a víztisztítás egy letisztult, könnyen kezelhető rendszerként lett megtervezve, különleges technológiai egységek alkalmazása nélkül. Ennek oka alapvetően a karsztvízbázis természetes tulajdonságaira vezethető vissza, másfelől pedig a rendelkezésünkre bocsátott vízminőségi vizsgálatok eredményeire. Amennyiben a jövőben egyéb szennyezőelemek jelennek meg a kitermelt vízben és komplexebb víztisztításra lenne szükség, úgy megmaradt annak a lehetősége, hogy bármikor kiépíthetővé váljon egy aktív szén adszorpciós eljárás.

Mindent egybevéve kijelenthető, hogy a dolgozatban vizsgált ivóvíztisztító telep felújítása megelőlegezi egy üzembiztos és fenntartható telep működését. A technológia modernizációjával, a víztisztításhoz szükséges plusz távolság felszámolásával, valamint a csőtörésekből származó veszteségek és javítások költségeinek megszűnésével redukálni lehet az üzemeltetési költségeket is. A tervezett technológia kiépítése hosszútávon jövedelmező Vízmű működését teszi lehetővé.

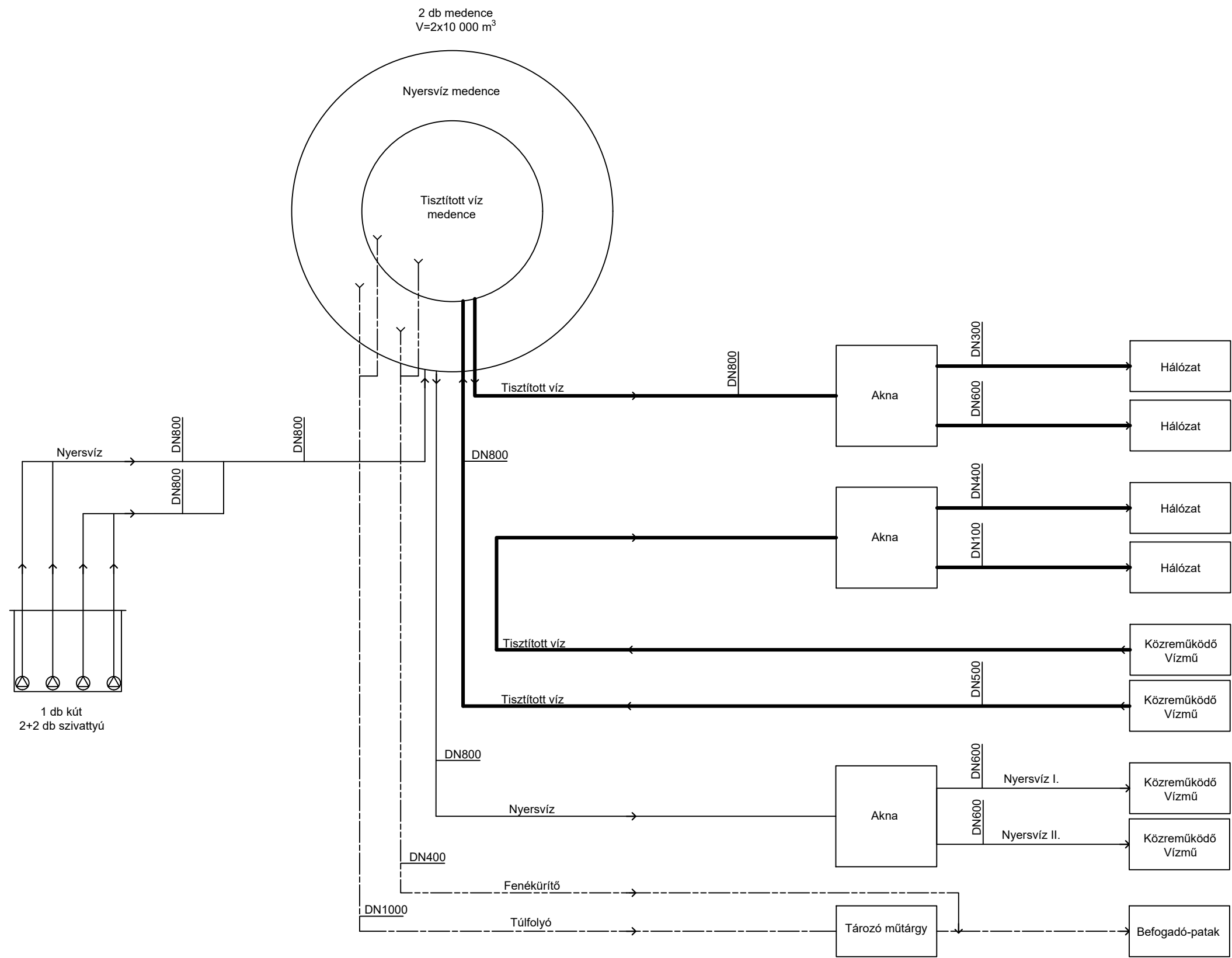
A TDK dolgozatomban tárgyalt Fiktív Vízmű ivóvízbázisának és víztisztító rekonstrukciójának tervezése csak részben került kidolgozásra. A diplomamunkámban jelen téma továbbdolgozását, illetve a szakirodalom feltárását tervezem részletesebben elvégezni.

## 7. IDÉZETT FORRÁSMUNKÁK

- [1] Holes Annamária et al. (2017): Magyarország környezeti állapota 2016. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., Budapest, 25-33 p. és 205-208p.
- [2] http1 Kúttulajdonságok honlapja. <https://kuttulajdonos.vizugy.hu/> (2023. szeptember)
- [3] http2 <https://mek.oszk.hu/01100/01199/html/tervez2.htm> (2023. szeptember)
- [4] dr. Kullmann László (2018): Áramlástechnikai gépek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 10.fejezet
- [5] http3 [https://www.uni-miskolc.hu/gepelemek/tantargyaink/001b\\_gepeszmernoki\\_alapismeretek/2.meres-aramlasi-vesztesegek\\_segedlet.pdf](https://www.uni-miskolc.hu/gepelemek/tantargyaink/001b_gepeszmernoki_alapismeretek/2.meres-aramlasi-vesztesegek_segedlet.pdf) (2023. szeptember)
- [6] dr. Waltner István (2021): Szennyvíztisztítás, víztisztítás tárgy előadásanyaga, Gödöllő (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
- [7] Dr. Kaszab Edit (2022): Környezethigiéna tárgy előadásanyaga, Gödöllő (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
- [8] Dr. Benedek Pál (1990): Biotechnológia a környezetvédelemben. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 189-222 p
- [9] http4 [https://witch.mik.pte.hu/oktatas/Tanszeki\\_anyagok/Epitomernok\\_Tanszek/Lindenbach\\_Agnes/Kozlekedestervezes\\_2018/LA\\_3\\_ea\\_vonalvezet%E9s\\_2018tavasz\\_v4.pdf](https://witch.mik.pte.hu/oktatas/Tanszeki_anyagok/Epitomernok_Tanszek/Lindenbach_Agnes/Kozlekedestervezes_2018/LA_3_ea_vonalvezet%E9s_2018tavasz_v4.pdf) (2023.október)
- [10] Haraszi Péter (2023): Csőhálózatok hidraulikája (Előadásanyag, Dr. Halász Gábor előadása alapján) (Haraszi 2023)
- [11] http5 Keresx.<https://tudastar.kerex.hu/cs%C5%91vezet%C3%A9kek-%C3%A1raml%C3%A1si-viszonyai%C3%A9retez%C3%A9s%C3%BCk> (2023.október)
- [12] Kovács Zsófia (2013): Ivóvíztisztítás és víztisztaságvédelem. Pannon Egyetem, Veszprém, 35-45p
- [13] http6 <https://ilovetiszato.hu/2020/10/19/mi-az-a-gov-cso-es-mire-lehet-hasznalni/> (2023.október)
- [14] Dr. Laky Dóra et al. (2014): Ivóvíztisztítás, Budapest, 55-58 p, 83-113 p
- [15] http7 SZIVATTYUWEBARUHAZ. <https://www.szivattyuwebaruhaz.hu/> (2023. szeptember)

## **8. MELLÉKLETEK**

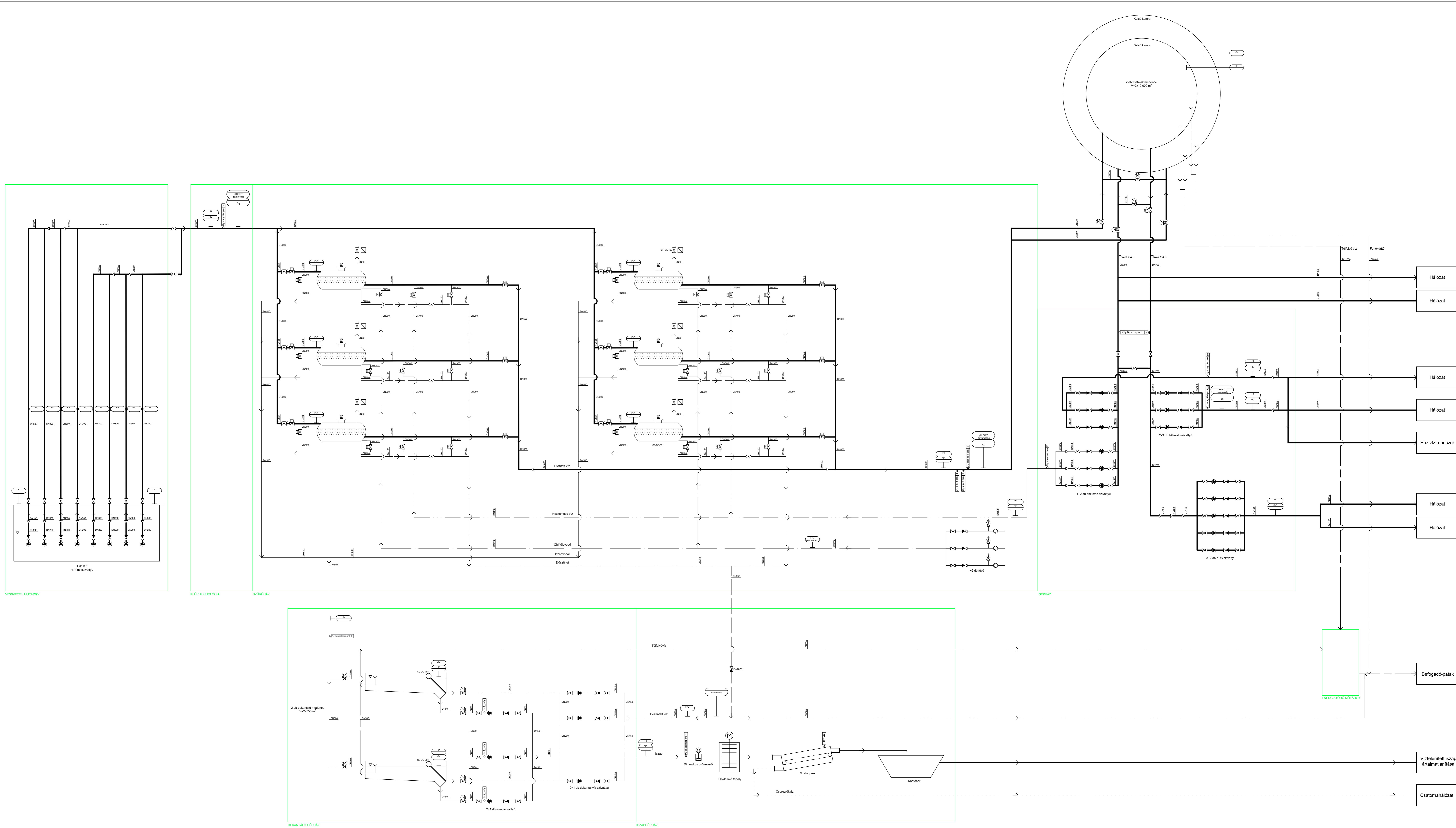
1. melléklet: A jelenlegi állapot technológiai folyamatábrája
2. melléklet: A tervezett állapot technológiai folyamatábrája
3. melléklet: Klórozási folyamatára
4. melléklet: Polimeradagoló folyamatára



JELMAGYARÁZAT:

- Nyersvíz
- Tisztított víz
- Fenékürítő
- Túlfolyó

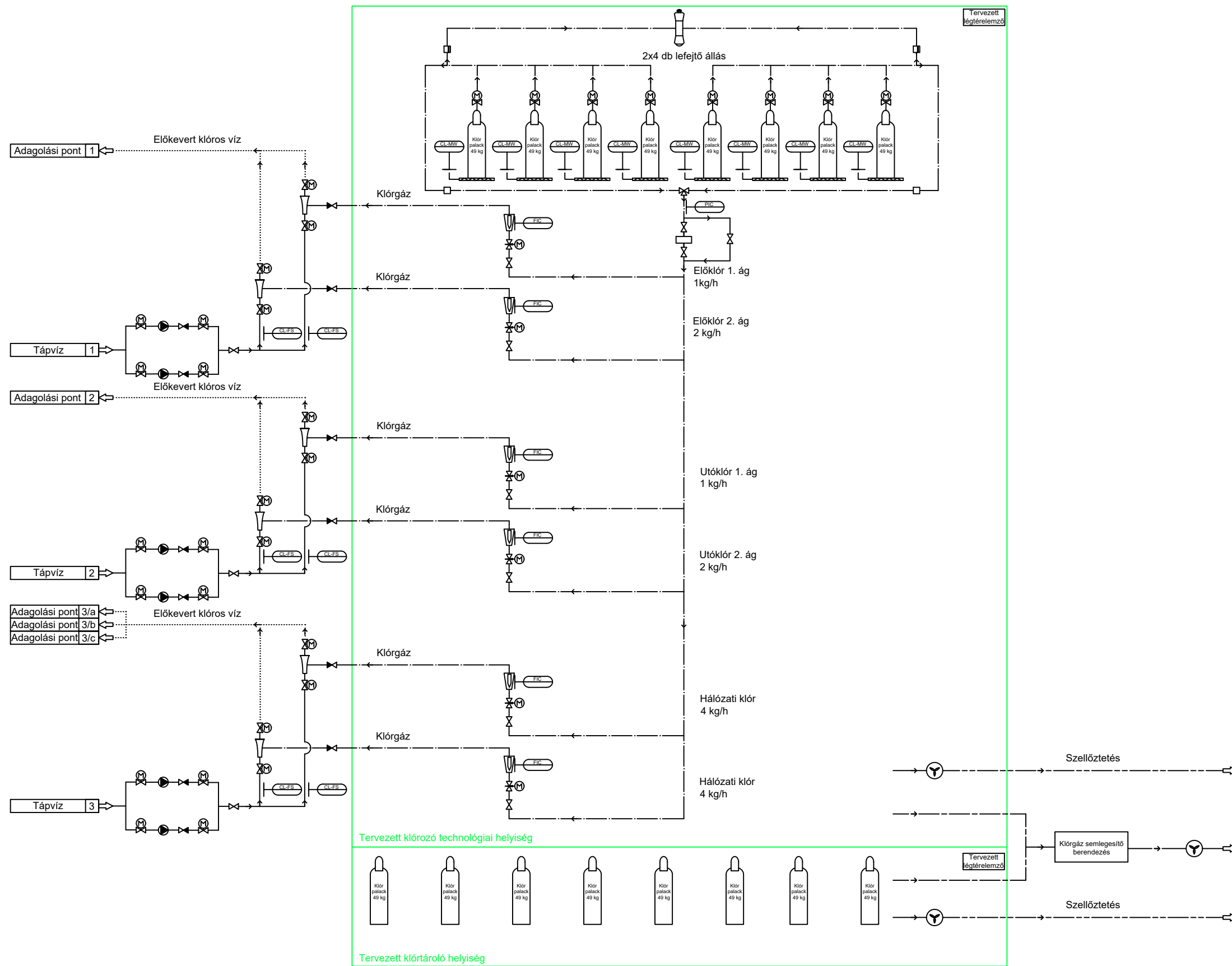
Projekt: Tudományos Diákkör	Projekt: TDK
Rajz címe: A jelenlegi állapot technológiai folyamatábrája	Rajzszám: 1.melléklet
Készítette: Dorkota Andrea	Dátum: 2023.november



**JELMAGYARÁZAT**

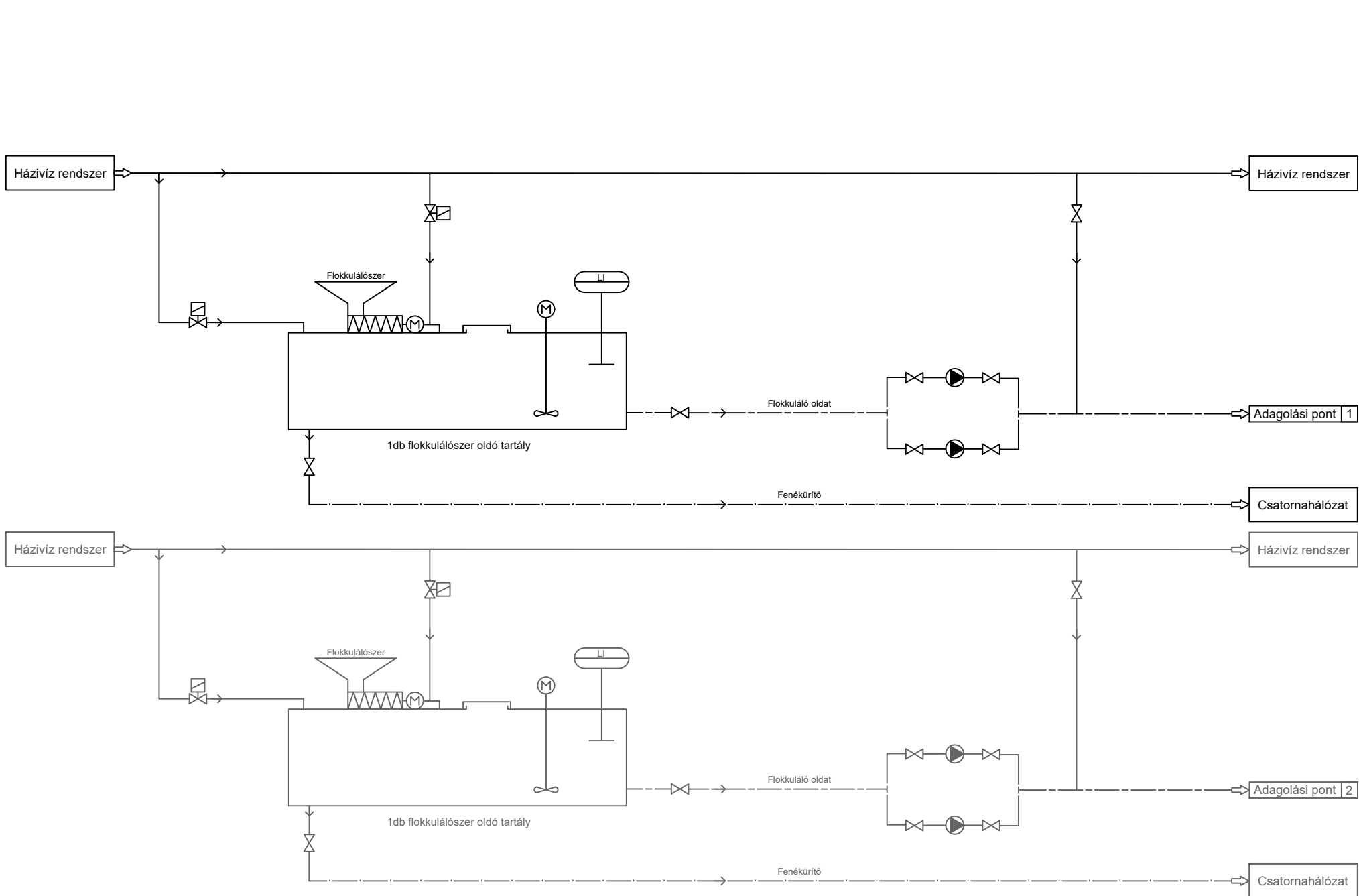
	Fő vízvezeték		Szervevények		Mérőpontok:
	Elsősízellet				
	Földszint				
	Visszatérő víz				
	Önkiszívás				
	Iszap				
	Tűfűző				
	Dekantált víz				
	Csurgalék				

Projekt: Tudományos Diákkör	Projekt: TDK
Rajz címe: A tervezett állapot technológiai folyamatábrája	Rajzszám: 2.melléklet
Készítette: Dorkota Andrea	Dátum: 2023.november



- JELMAGYARÁZAT:**
- Vezetékek:**
- Tápvíz
  - Klörgáz
  - ..... Előkevert klóros víz
  - Semlegesítő
  - Szellőztetés
- Szerelvények:**
- ⊗ Kézi elzárószelep
  - ⊗ Váltószelep
  - ⊗ Visszacsapó szelep
  - ⊗ Motoros elzárószelep
  - ⊗ Adagoló szelep
  - ⊗ Injektor
  - ⊗ Szivattyú
  - ⊗ Vákuumszelep
  - ⊗ Biztonsági szelep
  - ⊗ Ventilátor
  - ⊗ Mennyiségmérő
  - ⊗ Adszorpciós csapda
- Mérőpontok:**
- ⊗ PIC Nyomásmérő
  - ⊗ FIC Hozammérő
  - ⊗ CL-MW Súlymérő
  - ⊗ CL-FS Áramlásérzékelő

Projekt: Tudományos Diákkör	Projekt: TDK
Rajz címe: Klórozási folyamatábra	Rajzszám: 3.melléklet
Készítette: Dorkota Andrea	Dátum: 2023.november



JELMAGYARÁZAT:

Vezetékek:

- Házivíz
- Flokkulálószer
- Flokkuláló oldat
- Fenékürítő

Szerelvények:

- ⊗ Kézi elzárószelep
- Szivattyú
- ⊕ Motoros keverő
- ⊗ Mágnesszelep
- ⊗ Motoros behordócsiga

Mérőpontok:

- LI Szintmérő

Projekt: Tudományos Diákkör	Projekt: TDK
Rajz címe: Polimeradagoló folyamatábra	Rajzszám: 4.melléklet
Készítette: Dorkota Andrea	Dátum: 2023.november