

DIPLOMADOLGOZAT

Ördög Zsolt Sándor

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Gödöllői Campus

Környezetmérnök mesterképzési szak

**A Permanganátos KOI-t befolyásoló tényezők különböző
vizsgálati módszerek esetében**

Belső konzulens:	Dr. habil. Horváth Márk Kálmán egyetemi docens, vezető
intézete/tanszéke:	Környezettudományi Intézet, Környezetanalitikai és Környezettechnológiai Tanszék
Külső konzulens:	Kárpáti Gábor egészségügyi tiszt
Készítette:	Ördög Zsolt Sándor

Gödöllő

2024.

Tartalomjegyzék

Rövidítések jegyzéke.....	3
1. Bevezetés és célkitűzések.....	4
1.1. Bevezetés	4
1.2. Célkitűzés	5
2. Irodalmi rész	6
2.1. Vizeink védelme.....	6
2.2. Kémiai oxigénigény.....	7
2.3. Kémiai oxigénigény vizsgálatának fejlődése.....	9
3. Jogsabályi áttekintés.....	14
4. Anyagok és alkalmazott módszerek.....	19
4.1. Anyag- és műszerlista.....	19
4.2. Használt vizsgálati módszerek	22
4.2.1. Kézi titrálós módszer.....	22
4.2.2. OMNIS TitrIC titrálás.....	26
4.2.2.1. A kézi titrálós, valamint az OMNIS Titrátoros módszer közötti számítási kapcsolat.....	29
4.2.3. Küvettatesztes titrálás	34
5. Eredmények és értékelésük.....	35
5.1. Edényszet	35
5.2. Horzsakő mennyisége.....	37
5.3. Forráspont változás	40
5.4. Forralási hőmérséklet	42
5.5. Forralási idő	43
5.6. Kálium-permanganát oldat eltarthatósága.....	45
5.7. Oxálsav eltarthatósága	48
5.8. Minta eltarthatósága.....	51
5.9. Zavaró anyagok, mint befolyásoló tényező	53
6. Következtetések Javaslatok	57
7. Összefoglalás	59
8. Irodalomjegyzék	61
Köszönetnyilvánítás.....	63
Táblázatok jegyzéke	
Hallgatói nyilatkozat	
Konzulensi nyilatkozat.....	

Rövidítések jegyzéke

EP: Európai Parlament

ISO: International Organization for Standardization - Nemzetközi Szabványügyi Szervezet

KOI: Kémiai Oxigénigény

KOI_k: Kromátos kémiai oxigénigény

KOI_{ps}: Permanganátos kémiai oxigénigény

MI: Permanganát index

MSZ: Magyar Szabvány

NNK: Nemzeti Népegészségügyi Központ

RO: Reverse osmosis - Fordított ozmózis

TOC: Total Organic Carbon - Teljes szerves szén

VOC: Volatile Organic Compounds - Illékony szerves elegyek

1. Bevezetés és célkitűzések

1.1. Bevezetés

Az emberi élet egyik legalapvetőbb feltétele a megfelelő minőségű ivóvízhez történő hozzáférhetőség. A klímaváltozás, a felgyorsult iparosodás, az üzemek számának ugrásszerű növekedése veszélyeztetheti az ivóvíz forrásául szolgáló vízbázisokat. Éppen ezért napjainkban még fontosabb az ivóvíz minőség ellenőrzése. Az ivóvíz vizsgálatok alapjául szolgáló szabványok, akár 30-40 évvel ezelőtti körülményekre rendszeresített módszereket tartalmaznak. A vízvizsgálatok megfelelőségének alapfeltétele a szabványok pontos betartása, ezzel párhuzamosan azonban érdemes számításba venni korunk megváltozott körülményeit.

Napjainkban a vízbázisok egyik legnagyobb fenyegetést jelentő szennyezői a szerves anyagok. (Dr. Gyulai, 2011.) A lakossági, mezőgazdasági és ipari szennyvízből folyamatosan növekvő mennyiségű és összetételű szerves maradványok kerülnek a környezetbe és a vizeinkbe. A problémát fokozza, hogy sokféle kombinációban lehetnek jelen, kimutatásuk pedig nehéz.

Ahhoz, hogy egy víz emberi fogyasztásra alkalmas legyen, különféle biológiai és kémiai paraméternek kell megfelelnie. Ezek közül a kémiai paramétereket analitikai vizsgálatok segítségével mutatjuk ki.

Diplomadolgozatomban egy olyan kémiai paraméter vizsgálati módszereit, befolyásoló tényezőit vizsgálom, mely az ivóvíz szervesanyag tartalmának meghatározására szolgál.

A kémiai oxigénigény (továbbiakban: KOI) a szerves anyagok kémiai oxidációjához szükséges oldott oxigén koncentrációját fejezi ki mg/l-ben. A mért érték, és a víz szerves anyag tartalma egyenes arányban vannak egymással. A szerves anyagok mennyisége és minősége nagyban függ az vizsgált víz jellegétől. Más például egy felszíni és más egy felszín alatti víz esetében a vizsgált paraméter. A vízben lévő szerves anyagok könnyen hozzáférhető tápanyagforrást biztosítanak a baktériumoknak, ezáltal elősegítik a mikrobiális szaporodást az ivóvízhálózatban. (https. 1.)

A KOI egy nagyon érzékeny analitikai vizsgálati paraméter, mert megszámlálhatatlan befolyásoló tényezője van. A vizsgálati módszerre léteznek különböző hazai és nemzetközi szabványok (melyekre a későbbiekben kitérek), azonban rengeteg bennük a homályos, kétértelmű fogalmazás mód, túl sok szabad kezdet ad, ezért vizsgálatában nagyon nagy a hibafaktor. Egy szabvány lényege az útmutatás lenne, ezzel szemben itt egy vizsgálat során az

ember több lépés esetében is elcsúszhat, amely az amúgy is érzékeny paraméter esetében hatalmas mérési különbségeknek enged teret.

Azért választottam ezt a témát, mert munkám során napi szinten találkozom ezzel a kémiai paraméterrel, és nem érzem megbízhatónak a vizsgálati módszert melyet alkalmazunk, illetve szeretném, ha az eredmények melyek a kezeim közül kikerülnek a lehető legközelebb állnának a valósághoz, hogy teljes képet kapjon az érintett üzemeltető a víz ezen paraméteréről is.

1.2. Célkitűzés

Vizsgadolgozatom azzal a céllal készül, hogy feltárjam az utóbb említett szabványokban leírtak megfelelőségét, illetőleg nem megfelelőségét, pontosabb képet kapjak a vizsgálatot befolyásoló tényezőkről, szeretném megtalálni az ideális vizsgálati módszert és az egyes tényezők valamint egyes eljárástípusok közül a legmegbízhatóbbat. Egyértelműsíteni szeretném a szabványokban feltüntetésre került kérdéses vizsgálati módszereket és paramétereket. Ezen kérdéseimre kapott válasszal szeretném megtalálni azt a vizsgálati módszert, mely mind anyagi, mind technikai, mind megbízhatósági szempontból a leoptimálisabb.

2. Irodalmi rész

2.1. Vizeink védelme

Bolygónk felületének 71%-át víz borítja, életünk alapfeltétele, valamint testünk kétharmadát is víz alkotja. Az ember kapcsolata mindamellett, hogy testközeli a vízzel, egy idősebb is az emberi léttel. A vízkezelés a civilizációnk elejétől megfigyelhető tevékenysége az embernek. Már az ókori Mezopotámia területén élt kultúrák által hátrahagyott nyomok is azt bizonyítják, hogy az akkori ember is vízközpontú társadalmi rendszerben élt. (https. 2.) Már az akkádok idejéről, időszámításunk előtt 4. évezredről is maradtak fenn vízkezelésre utaló építmények.

A kezdetektől azt tanulja az ember, hogy a víz, ha nem tiszta, nem iható. Ezt már az egyiptomiak is igyekeztek a legalapvetőbb víztisztítási módszerrel kiküszöbölni, a forralással. Ezzel a hasmenéses megbetegedéseknek igyekeztek gátat szabni, meglehetősen nagy sikerrel.

A rómaiak már a luxus jegyében próbáltak a víztisztításra törekedni, hisz hírhedten sok fürdővel rendelkeztek, melyek minőségére oda kellett figyelni, valamint az elfolyó vizet, illetve a csatornák révén a szennyvizet is igyekeztek elvezetni, és az elhasznált folyadékot a hegyekből származó forrásvízből, vízvezetékek segítségével pótolni.

Sajnos ahogy a népesség rohamos növekedésnek indult, szükségessé vált kutak fúrása, hisz az urbanizáció már nem csak a folyó melletti illetve a tengerparti területeken indult meg. A kutak azonban a középkorban az egyre szűkülő életterek miatti higiéniai állapot csökkenésével, valamint az ürülékek földbe szivárgása miatt folyamatosan szennyeződtek, melyek járványokhoz, hatalmas mértékű halálozásokhoz vezettek. Erre megoldást kellett találni, de sajnos még az 1900-as években is erőteljes probléma volt a vízvezetékek fertőzöttsége. Ez hozta be hazánkba a Typhus abdominalis-t. (Cséki István, 2009.)

Manapság az Európai Unióban a szárazföldi felszíni vizek, az átmeneti vizek, a parti tengervizek és a felszín alatti vizek védelmének keretét az Európai Parlament és Tanács 2000/60/EK irányelve határozza meg. Célja a vízszennyezés mértékének csökkentése, vízfelhasználás fenntarthatóságának elősegítése és fontos szempontja, hogy megóvja, valamint javítsa a vízi környezetet, és mérsékelje az árvizek és aszályok hatásait. Röviden célja a víztestek jó környezeti állapotának megvalósítása. (2000/60/EK, 2000.)

Az Európai Unió 2020/2184-es számú EP Irányelve az emberi fogyasztásra szánt víz alapvető minőségi követelményeit foglalja magába. Ezen irányelv értelmében a tagállamoknak

rendszeresen ellenőrizniük kell az emberi fogyasztásra szánt víz minőségét a "mintavételi pontok" módszerével. A tagállamok saját területükre vonatkozó egyedi előírásokkal egészíthetik ki az irányelvet, de csak akkor, ha ez szigorításokhoz vezet. Éppen ezért az ivóvíznek hazánkban is számtalan biológiai és kémiai paraméternek kell megfelelnie, mielőtt megkaphatja a megfelelő minősítést.

Az irányelv kötelez továbbá arra is, hogy tájékoztassák rendszeresen a fogyasztókat az ivóvíz minőségéről. Emellett előírja, hogy háromévente jelentést kell készíteni az Európai Bizottság számára az ivóvíz minőségéről. A felülvizsgált irányelv frissíti a jelenleg érvényben lévő biztonsági előírásokat, és az Egészségügyi Világszervezet legújabb ajánlásaival összhangban javítja a biztonságos ivóvízhez való hozzáférést.

Ezen felül növeli az átláthatóságot az ivóvíz minőségével és ellátásával kapcsolatban, ezzel növelve a fogyasztók bizalmát a csapvíz iránt, és hozzájárulva a műanyag palackok használatának csökkentéséhez. Az Unió egészére kiterjedő kockázat-alapú vízbiztonsági értékelésen keresztül az irányelv azonosítja és kezeli a vízforrásokat érintő lehetséges kockázatokat a vízellátás szintjén. (2020/2184 EP, 2020)

Hazánkban a közfogyasztású ivóvizek vizsgálatát és ellenőrzését az Országos Közegészségügyi Intézet, valamint a Nemzeti Népegészségügyi Központ (továbbiakban NNK) végzi. Munkám során ugyanazt a tevékenységet folytatom, mint az NNK dolgozói, csak mi a Magyar Honvédség fennhatósága alá tartozó helyek-helyiségek közfogyasztású ivóvizeit, medencéit, kutjait, vízszállító technikáit vizsgáljuk.

2.2. Kémiai oxigénigény

Kémiai oxigénigény mérésekor azt az oxigénmennyiséget határozzuk meg, amely a szerves anyagok kémiai lebontásához szükséges. Az MSZ 12750-21:1971 és az MSZ ISO 6060:1991 szabvány alapján elfogadott definíció a kémiai oxigénigényre, hogy a kémiai oxigénigény, azaz a KOI a vízben lévő oxidálható szerves anyagok mennyiségére nyújt kvantitatív adatot. A KOI-t az 1 dm³ térfogatú vízminta által redukált oxidálószerrel egyenértékű oxigén tömegeként adják meg (dimenziója mg/dm³). Másképp fogalmazva az az oxigén tömegkoncentráció, amely egyenértékű azzal az oxidálószerrel, amit az oldott és lebegőanyag fogyaszt, amikor egy vízmintát az előírt feltételek mellett kezelnek. (MSZ 12750-21:1971)

Egy másik megfogalmazás szerint, a vízminőséget és a víz szennyezettségét mérő kémiai analitikai módszer. Azt méri, hogy a vízben található szerves vagy szervetlen szennyező anyagok mennyi oxigént igényelnek az oxidációhoz vagy lebontáshoz.

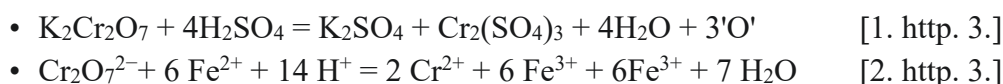
Meghatározásához ismert térfogatú vízmintát oxidálnak kálium-permanganáttal, vagy kálium-dikromáttal. Annak ellenére, hogy ez a paraméter nem ad pontos képet a vízben lévő szerves anyagok mennyiségére és minőségére, gyakorlati hasznosságát mi sem bizonyítja jobban, mint hogy meghatározására szabványos vízvizsgálati eljárásokat dolgoztak ki.

A kémiai oxigénigény mérésekor a vizsgálatban két különböző vegyszertípust alkalmazunk aszerint, hogy milyen minőségű, eredetű vizet vizsgálunk.

Kromátos kémiai oxigénigény (KOI_k)

A KOI-t a szervesanyagtartalom mennyiségétől függően két módszerrel határozhatjuk meg. A magasabb szervesanyagtartalmú vizek esetében, mint amilyenek a szennyvizek, vagy a felszíni vizek, a kálium-dikromátos módszert részesítjük előnyben. Működési elve a következő: erősen savas közegben a vízben található szerves anyagokat kálium-dikromát jelenlétében ezüst-szulfát katalizátorral lebontjuk, majd a maradék kálium-dikromátot vas(II)-ammónium szulfát mérőoldattal visszatitráljuk. Az eljárás során az indikátor a ferroin, amely segít a reakciók folyamatának nyomon követésében.

A folyamat során a következő kémiai reakciók játszódnak le:



Permanganátos kémiai oxigénigény (KOI_{ps})

Az alacsonyabb szervesanyag tartalmú vizek esetében, mint amilyen az ivóvíz, vagy a klóros fertőtlenítővel kezelt medencevíz, a kálium-permanganátos módszert alkalmazzuk. A "permanganátos jelző" azt jelenti, hogy a vízben található szerves anyagokat kálium-permanganáttal lebontjuk, majd a maradék permanganátot oxálsavval visszatitráljuk. Az indikátora ennek a folyamatnak maga a permanganát, ami saját színváltozásával jelzi a reakciók befejeződését. Permanganátos kémiai oxigénigény mérésnél említést kell tennünk a permanganát indexről.

A permanganátindex (MI) a vízben lévő szerves anyagok oxidálhatóságát méri permanganát ionok segítségével, vagy ahogy az MSZ EN ISO 8467:1998 szabvány fogalmaz; meghatározott

körülmények között, permanganáttal lejátszódó oxidációs folyamat során a vízminta permanganátfogyasztásának megfelelő, oxigénmennyiségre átszámított tömegkoncentráció (MSZ EN ISO 8467:1998). Ennek fő célja annak meghatározása, hogy a vízben lévő szerves anyagok mennyi oxigént kötnek meg az oxidálás során, amikor azokat permanganát ionokkal reagáltatják. Minél magasabb a permanganátindex értéke, annál több szerves anyag van jelen a vízben, ami oxigént igényel a lebomláshoz. Permanganátindex-el találkozhatunk a küvettatesztes, valamint automata titrátoros vizsgálatok során.

A lejátszódó reakciók a következők (Moser, Pálmai, 2001):

- $2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{MnSO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{'O'}$ [3. [http. 3.](#)]
- $2 \text{MnO}_4^- + 5 (\text{COO})_2^{2-} + 16 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$ [4. [http. 3.](#)]

A kálium-permanganát és oxálsav között lejátszódó kémiai reakció a következő:



A KOI-meghatározás során pozitív hibával is számolnunk kell, mivel a vízben lévő szerves anyagok is reagálhatnak a kálium-permanganáttal vagy a kálium-bikromáttal. Ezek a szerves anyagok is oxigént igényelnek, ami azt jelenti, hogy a mérés során a kémiai oxigénigény értéke magasabb lehet, mint amennyit csak a szerves anyagok lebontása során kapnánk. Ennek eredményeként a mért KOI érték túlbecsülheti a valós szerves szennyezőanyagok koncentrációját a vízben.

2.3. Kémiai oxigénigény vizsgálatának fejlődése

A kémiai oxigénigény meghatározására irányuló módszereket mintegy 150 évvel ezelőtt kezdték kifejleszteni. Ezek a kísérletek már magukban foglalták a vízmintákhoz kevert permanganát-oldat színváltozásának megfigyelését is (D. G. Miller et. al., 2001). Az első kísérletek az általános víz- és szennyvízszennyezés okozta oxigénfogyasztás vizsgálatára fókuszáltak.

Az első bikromátos kísérletek szervesanyag oxidálására az 1925 és 1930 közötti időszakra tehetőek, de nem tűntek túl ígéretesnek. 1949-ben Moore és tsai. alkalmazták a bikromát eljárást szennyvízanalízisre, először 50%-os kénsav oldatban, 145-150 °C hőmérsékleten, de szükség volt egy korrekcióra a klorid ionok zavarása miatt, ezért 1951-ben kis mennyiségű ezüst-szulfátot vezettek be a keverékbe az oxidáció katalizálásához, és ezen vizsgálatok ígéretes

eredményekhez vezettek, akár több viszonylag inert vegyülettel is, mint például karboxilsavak és alifás alkoholok (W.A. Moore et al., 1949).

1963-ban Dobbs és tsai. kimutatták, hogy a klór oxidációja a kémiai oxigénigény bomlás során jelentősen csökken azáltal, hogy hozzáadják a higany-szulfátot a kénsav/bikromát reagenshez, ami azt jelentette, hogy külön klór meghatározásra már nem volt szükség (R.A. Dobbs et. al., 1963).

A kutatók ennek folyamányaként kezdtek komolyabban foglalkozni a klór tartalmú fertőtlenítőszeres zavaró hatásával. A klór savas oldatokban bikromáttal és permanganáttal is oxidálódik, a környezetben azonban természetes folyamatok által nem. Az ilyen adalékok, mint például HgSO_4 , AgNO_3 és Cr(III) , vagy ezek kombinációi, minimalizálják a klór zavaró hatását, de nem szüntetik meg teljesen (E Axen et. al., 1995). Magas hőmérsékleten a klór maszkolása még higannyal sem volt elegendő. Emellett ezek az adalékok további veszélyes hulladékokat hoztak létre (American Pub. Healt. Association, 2005).

Bár olyan KOI módszerek is teret nyertek, amelyek a higanyt AgNO_3 és/vagy Cr(III) -mal helyettesítik, ezeket nem lehet változó sóterheléssel rendelkező mintákhoz használni. Ráadásul az ezüstionok mérgezőek és drágák, és a Cr(III) hozzáadása a kolorimetrikus detektálást kizárja.

Sajnos globális probléma volt az akkori kémiai oxigénigény meghatározási módszerek esetében, hogy a Cr(VI) , Hg és Ag magas mértékű használata továbbra is szembe ment az környezetbarátabb vizsgálatokért folytatott erőfeszítésekkel. Ez még akkor is igaz volt, ha figyelembe vesszük, hogy a használt vegyszerek erőteljes csökkentésének irányába indult el az analitika és igyekeztek bevezetni a teljes újrahasznosítás lehetőségét.

Ezért a higanyt tartalmazó KOI reagensek továbbra is domináltak a piacon, annak ellenére, hogy egészségileg nagyon káros anyagról volt szó.

Az utóbbi években azonban egy új, "zöld" irányzat kezdett teret hódítani, melyben a módszerek nem igényeltek mérgező reagenseket. Ezek az új módszerek elektrokatalitikus vagy fotokatalitikus oxidációs elveken alapulnak. Habár némelyik nagy potenciállal rendelkezik, még egyik sem terjedt el széles körben, illetve többségük további kutatásokat igényel.

Ilyen eljárásokhoz a legnagyobb kihívás a jó, működő elektród megtalálása. Nemrégiben bevezették a TiO_2 -t felhasználó fotoelektrokatalitikus KOI meghatározást, amelynek nagy jövőt jósolnak. A vizsgálati módszer esetében a klór tolerancia körülbelül 350 mg/L, és néhány kutató

akár 2000 mg/L klór toleranciáról is beszámolt egy módosított rendszer esetében. (Chengfang Li. et. al., 2009)

Az újabb technikák bevezetésének még sok esetben a műszaki fejlettség hiánya szab gátat. A kereskedelmi forgalomban kapható PeCOD[®] rendszer esetében például a kihívás a kis cellatérfogat. (https 5.) Ezenkívül ez a technika az elektrokémiai reakciókból származó áramok mérésén alapul, amely erősen függ az egyes vegyületektől az organikus anyagok oxidációjának esetében.

Ahogy tapasztaltam a szakirodalomban kevés olyan eljárás található, amely környezetbarát módszert javasol a KOI meghatározására, és annak a lehetősége, hogy ilyen módszert sikeresen bevezethessenek, igen csekély, amíg a jelenlegi módszerek alkalmazása be van ágyazva a jogszabályokba.

Amíg ezeken a területeken nem történik meg az áttörés, a legmegbízhatóbb módszer ivóvíz kémiai oxigénigényének vizsgálatára a permanganátos KOI vizsgálat.

Permanganátos kémiai oxigénigény vizsgálatának fejlődése

Diplomadolgozatomban az általam vizsgált eljárás a permanganátos kémiai oxigénigény meghatározás. Az első kísérletek, amelyek a permanganátot oxidálószerként használták fel a vízmintákban található szerves szennyezés mennyiségének meghatározására, Forchamernek köszönhetőek, (S.P. Tsonis, 1993) ő 1849-ben alkalmazta ezt első ízben, majd ezt a kísérletet F. Wyatt ismételte meg 1893-ban. Ezek a módszerek a permanganátion-oldat elszíntelenedési idejének megfigyelésén alapultak. Már ekkor tudták, hogy a színreakció változása függött a minta szervesanyag tartalmától.

1949 előtt ez a teszt volt a legszélesebb körben használt. Sajnos sokféle szerves vegyület rosszul oxidálódik permanganáttal ezen körülmények között. Ráadásul a permanganát reakciója olyan vegyületekkel, amelyek az oldattal könnyen reakcióba lépnek, mangán-dioxid képződéséhez vezetnek, ami katalizálja a permanganát bomlását. Ez látszólag megnöveli a permanganát szerves anyag általi fogyását és fals eredményt ad. A kálium-permanganát hatékonysága a különböző szerves vegyületek oxidálásában jelentősen eltérő is lehet.

Lovett és Gardner azt állította, hogy különböző KOI értékeket kapunk, attól függően, hogy 0,125 N vagy 0,0125 N hígítású kálium-permanganátot használunk. (M.J. Lovett et. al., 1935.)

Annak ellenére, hogy a permanganát teszt fontos szerepet játszott a szennyvízkezelésben, erős ellenállás mutatkozott az eljárással szemben.

A forrásban levő vízmintához adott permanganát-oldat mennyisége, és az elszíneződés sebességének figyelemmel kísérése időben viszonylag gyorsan megmutatta a szennyezés relatív mértékét. Azonban hamar bebizonyosodott, hogy ez a módszer mennyiségi mérésekre nem alkalmas. Sok szerves anyag vagy egyáltalán nem alakul át, vagy csak részlegesen.

Elméletben az oxidációs hatékonyságnak növekednie kellene a magasabb kénsavkoncentrációk és hőmérsékletek esetén, a gyakorlat azonban azt mutatta, hogy az oxidációs hőmérsékletnek meglehetősen alacsonynak kell lennie, körülbelül 60 °C körülinek ahhoz, hogy megakadályozzuk a permanganát bomlását. Ez sokkal alacsonyabb hőmérséklet, mint amit a bikromát módszerben használnak. Ez nagyban korlátozta alkalmazhatóságát.

Az 1980-as években a permanganát módszer azonban újjászületett mint modern, automatizálható és ezáltal kis méretű technika, és látszólag sikerült legyőzniük a korábbi évtizedek nehézségeit.

Permanganátos kémiai oxigénigény vizsgálatok napjainkban

Manapság a laborvizsgálatokra általánosságban jellemző a régebbi bejáratott, valamint a modernebb technikák jelenléte is. A permanganátos kémiai oxigénigény vizsgálata során találkozhatunk kézi titrálásos, küvetta tesztos, valamint automatizált titrátoros kiértékelési módszerrel is.

Az új évezredre jellemző a mintaszámok ugrásszerű növekedése, a precíz mintafeldolgozásra való törekvés maximalizálásának igénye, valamint a gazdaságosság, a környezettudatosság és a modernizáció előtérbe helyeződése. Emiatt egyre szükségesebbé válik az automatizálás bevezetésének lehetősége. Az automatizált berendezések segítségével a laborok csökkenteni szeretnék a mérési bizonytalanságot, az eredmények szórását, valamint a hibalehetőségeket is igyekeznek kiküszöbölni. Ennek egyik szükséges feltétele az emberi tényező, valamint a vegyszerek felhasználásának minimalizálása.

Vizsgálataim során alapvetően a kézi titrálásos módszert alkalmazom, ezen felül azonban szerettem volna mindhárom napjainkban használatos módszer összehasonlítását elvégezni. Ennek gátat szabott a közbeszerzés rögzös útja, ugyanis a 2023-as évben a Magyar Honvédség Egészségügyi Központja logisztikai akadályokba ütközött és a teljes 2023. évi vegyszer és fogyóanyag beszerzés teljesülése nem ment végbe, ezért a küvetta tesztek, melyeket rendeltünk

nem érkeztek meg, valamint oldataink mennyiségének végessége is sok akadályt gördített utamba.

A küvetta tesztés vizsgálatok eredményétől személy szerint stabilitást és pontos értékeket vártam volna, véleményem szerint ez lett volna talán a legmegbízhatóbb vizsgálati módszer azokon a mérési tartományokon, melyekre munkám során szükségem van.

Összehasonlításom így a Titrátoros, valamint a kézi titrálásos módszerre szorítkozott.

3. Jogszabályi áttekintés

Ahogy minden területnek, a kémiai oxigénigény meghatározásnak is megvannak a maga jogi szabályozásai mind módszertan, mind határérték szempontjából. 2023. január 12-én Magyarországon jelentős változás lépett életbe az ivóvíz minőségi követelményeiben, a 201/2001-es Kormányrendeletet felváltotta 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről című kormányrendelet. Ennek eredményeképp az évtizedek óta bejáratott határértékek, de bizonyos paraméterek esetében még a vizsgálati módszerek is jelentős változáson mentek keresztül.

5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

A rendelet célja az ivóvíz minőségének biztosítása. Elődjéhez képest az új kormányrendelet az Európai Irányelvekhez igazodva szigorodott, egyes minőségi követelmények megváltoztak. Elődje a kétes minőségű ivóvizet kifogásolt jelzővel illette, az új rendelet azonban már tűrhető minőségűnek tekinti az ivóvizet, ha az emberi egészségre potenciálisan veszélyt jelentő mikroorganizmust, kémiai, fizikai vagy radiológiai anyagot nem tartalmaz, csupán esztétikai kifogásoltságot okozó, indikátor paraméterek mennyisége növekszik meg. Az egyik ilyen kémiai paraméter a kémiai oxigénigény, melynek rendelet szerinti határértéke (KOI_{ps}) 5,0 mg/l O_2 koncentráció. Érdekesség, hogy az összes szerves szén érték mérése helyettesítheti a rendelet szerint a KOI értéket, ennek azonban sokkal körülményesebb a vizsgálata. A rendelet pontosabban úgy fogalmaz, hogy: "Ezt a paramétert nem szükséges mérni, ha a TOC paramétert (összes szerves szén) vizsgálják." Azonban a KOI_{ps} vizsgálatot a magán ivóvízellátást biztosító saját célú ivóvízművek esetén még mindig kötelezően vizsgálandó paraméternek tekinti. Ami számomra meglepő volt a rendeletben, hogy a KOI_{ps} érték mérési bizonytalanságának maximális értékét 50%-ban határozta meg ($k=2$ esetén), a pontosságot azaz a szisztematikus hibát pedig 25-ben.

A kémiai oxigénigény, mint vizsgálandó paraméter azonban nem csak itt jelenik meg, hisz vizsgáljuk pár igen érdekes területen is, mint például közfürdők esetében, vagy épp - véleményem szerint az egyik legizgalmasabb területnél - a műveseállomásoknál is.

37/1996. (X. 18.) NM rendelet a közfürdők létesítésének és üzemeltetésének közegészségügyi feltételeiről

A fürdővíz vizsgálatok esetében a KOI_{ps} értéket visszaforgató technológia esetében kéthetente, töltő-ürítő rendszerű technológia esetében kéthavonta szükséges vizsgálni. A rendszerek

tápvízének ivóvíz minőségűnek kell lennie, melynél a szennyezésjelző kémiai komponensek közül a KOI_{ps} -re is vonatkozik ez a fajta követelmény. Érdekesség, hogy a vízkezeléssel és fertőtlenítéssel kapcsolatban elbíralt összetevők esetében a visszaforgatott rendszerű technológiánál a KOI_{ps} értéket a töltővízhez viszonyítva vizsgáljuk medencevízre vonatkozólag. A medencevíznek a töltővízhez képest +2 mg/L a megengedett koncentrációja. Ez a határérték hidrogén-peroxid alapú vízfertőtlenítő-szer alkalmazása esetén nem érvényes, hisz ebben az esetben a KOI nem mérhető. A 2024-es év ebben a rendeletben is változást hozott, hisz jogutódként március 8-án hatályba lépett az 510/2023. (XI. 20.) Korm. rendelet.

510/2023. (XI. 20.) Korm. rendelet a közhasználatú fürdők létesítéséről és üzemeltetéséről

Az új (már) Kormányrendelet rengeteg mindenben szigorodott, illetve tisztázott sok olyan kétes kérdést, mellyel eddig a szakma szembe került. Változott a KOI-ra vonatkozó határérték is, a visszaforgató rendszerű medencék esetében az eddigiektől eltérően megengedőbb lett az új rendelet, melyben a visszaforgatott víznek eddig kisebb vagy egyenlőnek kellett lennie a tápvízzel, ezzel szemben most +0,5 mg/L értéket enged. Ezen felül ezévtől már vizsgálni kell a szűrt vizet (mely a klórozás előtti tisztított víz), valamint aggályos esetben a tisztított vizet is (klórozás utáni tisztított víz), így a visszaforgatott víz, mint fogalom ebben a formájában megszűnt létezni.

MSZ 1507:2002 - Hemodializáló folyadék és az előállításához felhasznált víz minőségéről szóló visszavont szabvány

Az egészségügyi felhasználású vizek esetében a technológiai vizeknek szigorú szabályozóknak kell megfelelni. A hemodialízis során egy dializátorral megtisztítják a betegek vérének. Ennek a szerkezetnek két fő része van. Az egyik részben fut a beteg vére, a másikban pedig a hemodializáló folyadék. E két rész között egy dializáló membrán fut. A tisztítás során a vörsejtek, fehérjék és más fontos anyagok a vérben maradnak, mivel ezek mérete túl nagy ahhoz, hogy áthatoljanak a membránon. A kisebb méretű salakanyagok, mint például a karbamid, nátrium és kálium, plusz a fölösleges folyadék átjut a membránon, majd eltávolításra kerül. A hemodializáló folyadék minősége azért is kiemelten fontos, mert, ha például klór jut a folyadékba, az hemolízist okoz, az alumínium pedig gátolja a vér-agy gát működését. A nagy érzékenységre való tekintettel tehát, a teljes technológiai eljárás során minden műtárgy után a távozó víznek meg kell felelnie az ivóvízre vonatkozó jelenleg érvényben lévő minőségi követelményeknek.

A hemodializáló folyadék előállítását egy többfázisú rendszer végzi. Az ivóvízből, több szűrési és vízkezelési lépésen keresztül ultratisztaságú víz termelődik, amely a művese készülékekben visszasózással alakul hemodializáló folyadékká.

Ebben a rendszerben vastalanító, aktív szén szűrő, RO rendszer, vízlágyító technológiával is találkozhatunk, éppen ezért a KOI_{ps} -t legjobban befolyásoló klórtartalom is le van szorítva határérték szempontjából 0,1 mg/l értékre. A KOI határértéke ebben az esetben 0,10 mg/l és az ezt helyettesítő összes szerves szén érték (TOC) 0,50 mg/l.

A tápvízre vonatkozólag az 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet szerint kell a vizsgálatokat negyedévente elvégezni. A vizsgálatokat olyan szabványos módszerekkel kell elvégezni, hogy a megadott határértékek legfeljebb 10, ill. 25%-a legyen a módszer kimutatási határa.

A vastalanító után mérni kell a víz vas-mangántartalmát, az aktív szén után a szabad és kötött aktívklór tartalmat, a trihalometánszármazékokat és a szervesanyagtartalmat (KOI_{ps} vagy az összes szerves szén (TOC) meghatározásával), a lágyító után a keménységet és a szervesanyag-tartalmat.

A határértékek meghatározását követően bemutatásra kerülnek a Permanganátos kémiai oxigénigény vizsgálati módszerei

MSZ 448-20:1990 - Ivóvízvizsgálat. A permanganátos kémiai oxigénigény meghatározása

Ez a szabvány talán a legátfogóbban vizsgálja a permanganátos kémiai oxigénigény vizsgálatot. A vizsgálat leírásának módszertanával, a KOI_{ps} érték kiszámításával valamint néhány zavaró anyaggal és azok kiküszöbölésével foglalkozik. Ezt a szabványt alkalmazzuk a laboratóriumunkban ivóvíz vizsgálatokra és ezzel a szabvánnyal foglalkozom nagyrészt diplomadolgozatomban is.

MSZ EN ISO 8467:1998 - Vízhőminőség. A permanganátindex meghatározása (ISO 8467:1993)

Ez a szabvány a permanganátindex műszeres meghatározásával foglalkozik. Elsősorban az emberi fogyasztásra szánt valamint a háztartási víz, természetes ásványvíz, forrásvíz és uszodavíz permanganátindexének meghatározására szánták. A titratoros eljárás során a TitrIC rendszert ez alapján a szabvány alapján programozták be. Alkalmazási területe az emberi fogyasztásra szánt és háztartásban használt víz, ivóvíz, természetes ásványvíz, forrás- és vezetékes víz, valamint az uszodavíz permanganátindexének meghatározása. A módszer 300 mg/l kloridion koncentrációnál kisebb vizekre alkalmazható. Az optimális tartomány alsó

határa 0,5 mg/l. A módszer elve, hogy a mintát 10 percig vízfürdőben forraljuk, kálium-permanganáttal és kénsavval. A minta oxidálható komponensei redukálják a permanganát egy részét, a felhasznált permanganátot főlegben hozzáadott oxalátoldat permanganometriás titrálásával határozzuk meg.

MSZ 12750-21:1971 - Felszíni vizek vizsgálata. Oxigénfogyasztás, kémiai oxigénigény (KOI) meghatározása

Létezik szabvány a felszíni vizek kémiai oxigénigényének vizsgálatára is, melyben a felszíni vizek oxigénfogyasztásának meghatározását kálium-permanganátos és a kálium-dikromátos módszerrel végzik. Amit fontosnak érzek a szabvánnyal kapcsolatban, hogy itt is kiemelik a jogalkotók, hogy a vízmintát a mintavétel után 24 órán belül fel kell dolgozni, mert hosszabb idő elteltével az oxigénfogyasztás mértéke változik. A vízmintát 3-4 °C fokon hűtéssel, vagy literenként 10 cm³ koncentrált kénsavval tartósítjuk. Azokat a lombikokat, amelyekben oxigénfogyasztást határozzuk meg, más célra használni nem szabad.

MSZ ISO 6060:1991 - A víz kémiai oxigénigényének meghatározása

Vizsgálati módszerünk során törekszünk a legpontosabb értékek megadására, a legpontosabb vizsgálati módszerek alkalmazására, ezért előfordul, hogy szabványokat vegyítünk, hogy a lehető legkisebb hibahatárral dolgozhassunk. Ebben a szabványban a horzsakövet, (mely véleményem szerint egy hibaforrása a vizsgálatnak) a szabvány lecseréli üveggyöngyre, melyet mi is alkalmazunk KOI meghatározás során. A szabvány 2-3 mm átmérőjű egyenletes felületű üveggyöngyöt ír elő a horzsakő helyettesítésére, melyet a visszafolyó hűtőrendszerrel azonos módon kell tisztítani.

MSZ EN ISO 5667-3:2018 - vízminőség. Mintavétel. 3. rész: A vízminták tartósítása és kezelése

A szabvány abból a szempontból fontos számomra, hogy a KOI_{mn} (Permanganátindex) meghatározás esetében az általam is vizsgált tartósítási eljárás kritériumait határozza meg. A mintát a következőképp tartósíthatjuk:

Meghatározandó komponens	Mintatároló edény anyaga	Tartósítási és tárolási körülmények a 8. és 11. fejezetben foglaltakon kívül	Maximális tárolási időtartam
Permanganátindex (KOI _{mn})	Műanyag vagy üveg	Savanyítjuk H ₂ SO ₄ -val pH 1- pH 2 közé.	2 nap
	Műanyag vagy üveg	Sötét helyen tároljuk	2 nap
	Műanyag	Fagyasszuk -18 C alatt.	1 hónap

1. Táblázat: Vízmintha tartósítási táblázat (Forrás: MSZ EN ISO 5667-3:2018)

4. Anyagok és alkalmazott módszerek

4.1. Anyag- és műszerlista

Kísérleteim során az alábbi eszközökre volt szükségem.

Műszerlista

Műszer megnevezése	Műszer gyári száma	Műszer Kalibrálás / Hitelesítés	Érvényességi dátum
Metrohm OMNIS Advanced Titrator	0010000353623	Kalibrálás	2024.11.30.
Metrohm JULABO BC4 Olajfürdő	10415335	Kalibrálás	2024.11.30.
Metrohm 800 Dosino Unit 50 ml Folyadékadagoló	30075259	Kalibrálás	2024.11.30.
Metrohm 800 Dosino Unit 50 ml Folyadékadagoló	30063724	Kalibrálás	2024.11.30.
Metrohm 800 Dosino Unit 50 ml Folyadékadagoló	30076244	Kalibrálás	2024.11.30.
Metrohm 855 Robotic Titrosampler	1855002006372	Kalibrálás	2024.11.30.
Brand Titrette 50 ml Digitális buretta	16L67666	Kalibrálás	2024.07.10.
Brand Titrette 50 ml Digitális buretta	16L67674	Kalibrálás	2024.07.10.
Brand Transferpette 100-1000 µl	16L76562	Kalibrálás	2024.07.10.
Biohit Proline 1-5 ml pipetta	AU28253	Kalibrálás	2024.07.10.
Hirschmann Pipetus pipettor	81611234	Kalibrálás	2024.07.01.
Memmert WB 22 vízfürdő	1502.0984	-	-
EBRO TFE 510 -50 + 300°C	10394861	Hitelesítés	2024.09.30.
EBRO TFE 510 -50 + 300°C	10394860	Hitelesítés	2024.09.30.
IKA C-MAG HS7 digital fűthető mágneses keverő	100094901	-	-
Spin-Master 4803-02 fűthető mágneses keverő	234423	-	-
IKAMAG RET fűthető mágneses keverő	484	-	-
Merck Direct-Q 3 UV Vízisztító berendezés	F5PA80640F	-	Patroncsere: 2 havonta
Vegyifülke	-	-	-
3 db tojásóra	-	-	-

2. Táblázat: Laboratóriumi műszerlista (Saját eszközök)

Fontosabb műszerek bemutatása

Merck Direct-Q 3 UV Vízisztító berendezés

A Direct-Q 3 UV Vízisztító rendszer mind tiszta, mind ultratiszta vizet képes előállítani közvetlenül csapvízből. A rendszer beépített 185 nm-es UV lámpája csökkenti a szerves anyag tartalmát, ami elengedhetetlen az analitikai vizsgálatokhoz. Az ultratiszta vízminőséget

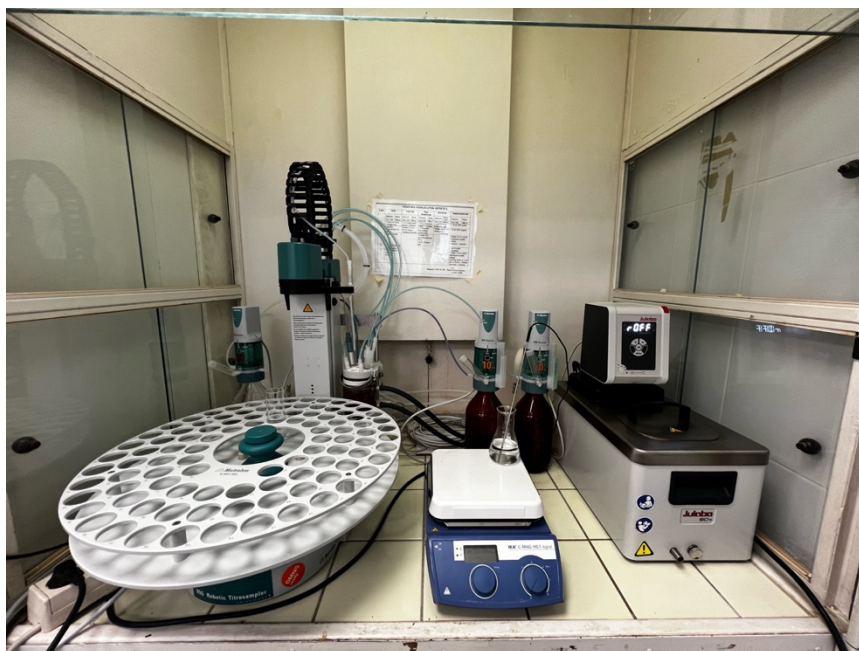
különböző szűrőkkel állítja elő (például UV és szénszűrő), eltávolítja a speciális szennyeződések; a baktériumokat, pirogénokat, nukleázokat, endokrin zavarokat, vagy például az illékony szerves vegyületeket (VOC-k). A Direct-Q 3 UV Rendszerrel előállított tiszta víz (3-as típusú) általános laboratóriumi feladatokhoz ajánlott, mint pufferoldatok és reagensoldatok előkészítéséhez, valamint laboratóriumi üvegedények öblítéséhez. Az ultratiszta víz (1-es típusú) analitikai kémiai feladatokhoz (HPLC, KOI, IC, IPC stb.), molekuláris biológiához, biokémiához és sejtkultúrákhoz, mintaoldatok feloldásához ideális.



1. kép: Merck Direct Q-3 UV Víz tisztító berendezés (Forrás: Saját fotó)

Metrohm OMNIS Advanced Titrator

Az OMNIS Titrátor a TitrIC flex II. termék egy csúcskategóriás potenciometriás, permanganometriás titrátor egysége, amely az összes titrálási folyamatot egyetlen platformon egyesíti. Az OMNIS Titrátor igen széleskörűen testreszabható valamint szinte teljes mértékben automatizált, emellett hatékony és biztonságos elemzést biztosít, zárt rendszerének köszönhetően. Moduláris felépítése lehetővé teszi, hogy akár 100 mintát is automatizálva vizsgáljunk külső beavatkozás nélkül.



2. kép: Metrohm Omnis TitrIC titrátor (Forrás: Saját fotó)

Edényzet lista

Anyag megnevezése	Mérete	DIN 12 385 szabvány szerinti jelölése	Anyaga
Laboratóriumi üvegedényzet	1000 ml	Din A	üveg
Laboratóriumi üvegedényzet	1000 ml	Din A	boroszilikát üveg
Mérőlombik	500 ml	Din A	üveg
Mérőlombik	1000 ml	Din A	üveg
Mérőhenger	50 ml	Din A	üveg
Mérőhenger	100 ml	Din A	üveg
Mérőhenger	200 ml	Din A	üveg

3. Táblázat: Laboratóriumi edényzet lista (Saját eszközök)

Anyaglista

Anyag megnevezése	Anyag azonosítószáma	Lejárat dátum
Carl Roth Oxálsav 0,05 mol/L – (0,1 N) vizes oldat	20035637	2024.08.09.
VWR Oxálsav 0,05 mol/L – (0,1 N) vizes oldat	Lot: 19G254113	2024.07.22.
VWR Kálium-permanganát	Lot: 20G244106	2025.05.07.
Kénsav 95-97%	K51411332921	2024.05.31.
VWR Klorid ICP Standard solution 1000 mg/L	Lot: 816281	2024.05.18.
Sósav koncentrátum 32%	1.00319.1000	2024.04.20.
Üveggyöngy	-	-
Pipettor hegy 10 ml-es	-	-
Horzsakő	-	-

4. Táblázat: Laboratóriumi anyaglista (Saját eszközök)



3. kép: Használt vegyszerek (Forrás: Saját fotó) / 4. kép: Egyéb használt eszközök (Forrás: Saját fotó)

4.2. Használt vizsgálati módszerek

4.2.1. Kézi titrálós módszer

Titrlás

Titrlás egy analitikai technika, amely lehetővé teszi egy mintában lévő specifikus anyag mennyiségi meghatározását egy ismert koncentrációjú reagens (indikátor) hozzáadásával. Ez a módszer az anyag (analit) és a reagens (titrlószert) közötti teljes kémiai reakción alapul.

A titrlást oly módon végezzük, hogy a titrlószert adagolását addig folytatjuk, amíg a reakció be nem fejeződik. Az észlelhetőség érdekében a reakció végét olyan módon követjük nyomon, hogy könnyen megfigyelhető legyen, például potenciometriával (potenciálmérés érzékelővel) vagy színváltozással.

A kiadott titrlószert térfogatának mérésével kiszámíthatjuk az analit-tartalmat a kémiai reakció sztöchiometriája alapján. A titrlás pontos eredményének eléréséhez a reakciónak gyorsnak, teljesnek, egyértelműnek és könnyen megfigyelhetőnek kell lennie.

Míg a klasszikus titrálást kézzel végezték, ahol büretta nevű skálázott, lezárható csappal ellátott üvegcsővel történt, a modern automatizált titrálás pontos és ismételhető titrálószer-adagolást, valamint a potenciál és a titrálószer térfogatának megbízható rögzítését teszi lehetővé. A technológia nagy mértékű fejlődése ellenére azonban a kézi titrálás továbbra is a világ számos laboratóriumában gyakorolt technika marad.

A módszer leírása

Minta előkészítése

100 ml mintát helyezek az MSZ 448-46:1988 szabványnak megfelelően előzetesen kitisztított és tárolt edényzetbe. (Edényzet előkészítése: Erlenmeyer-lombikokat használok. Az első használatbavétel előtt a lombikba 150 ml desztillált vizet és 5 ml 0,025 mol/l-es kálium-permanganát-oldatot teszek, és 1 óra hosszáig át enyhén forralom, 100-101 °C-on (lehetőleg állandó hőmérsékleten tartva az oldatot) egy fűthető mágneses keverőn. Az elpárolgó desztillált vizet időnként pótlom. Az óra elteltével 3 ml 1:4 hígítású kénsavoldatot és 3 ml 0,05 mol/l-es nátrium-oxalát-oldatot helyettesítő oxálsavat adok a lombikba 50 ml desztillált vízzel, körbeöblítve a lombik falát is. Pár percig állni hagyom, majd a folyadékot erre a célra rendszeresített gyűjtőkannába öntöm.) Ezeket a lombikokat a folyadék kihűlése után üveg dugóval lezárom, tartalmát csak a következő vizsgálat előtt öntöm ki, elkerülve az üveg szennyeződését.

Bár a szabvány nem írja, hogy a folyadékkal töltött lombikot lezárjuk, vizsgálati tapasztalataim azt igazolják, hogy sem a nyitott üveg folyadékkal, sem a kiürített lezárt üveg nem bizonyult megfelelő védelemnek, így a kettő kombinációját használtam kísérleteim során. (MSZ 448-20:1990)

Oldatok előkészítése

Kálium - permanganát oldat előkészítése

A oldat: 0,025 mol/L-es (0,125 n): 4,0 g kálium-permanganátot 1000 ml vízben feloldunk. 2 órán keresztül 90-95 °C közötti hőmérsékleten tartjuk. Én ezt vízfürdő segítségével oldottam meg. Ezután legalább 2 napig sötét helyen, szobahőmérsékleten állni hagyjuk, majd a tisztáját óvatosan leöntjük a szabvány szerint előzetesen króm kénsavval kimosott, bő vízzel kiöblített és kiszáritott sötét, üveg dugós üvegbe. Én nem használtam króm kénsavat (bizonyítottan rákkeltő hatása miatt laboratóriumunk nem alkalmazza az adott anyagot), 97 °C-on elmostam az edényzetet, oxálsav és kénsav keverékével átmostam, majd desztillált vízzel átöblítettem, és

hagytam kiszáradni. Azon felül, hogy barna boroszilikát edényben tárolom, a másodlagos sötétítést alufóliacsomagolással oldottam meg. A tömény oldatot a szabvány szerint sötét helyen tartva 6 hónapig lehet tárolni.

B oldat: 0,0025 mol/L-es (0,0125 n): az A oldat 100 ml-ét mérőlombikban 1000 ml-re hígítom. Barna boroszilikát üvegben, sötét helyen 2 hétig szabad tárolni. A sötétítést ez esetben is alufólia rásegítéssel oldottam meg. Ezt használom közvetlenül titráláshoz.

Az oldat szabvány szerint 2 hétig eltartható, azonban arról nem közöl információt, hogy első pillanattól kezdve használható-e, vagy kell pihentetési időt alkalmazni első használat előtt. Ezen felül szabvány szerint 2 nap állást követően a tömény oldatot hígíthatom, és használhatom.

Korábbi tapasztalatokra támaszkodva azonban arra a következtetésre jutottam, hogy ez a hipotézis helytelen. Ezt szeretném bebizonyítani egyik kísérletemmel. Egyik befolyásoló tényező, melyet vizsgálok, a kálium-permanganát oldat felhasználhatósági idején túl az ideális állapot eléréséhez szükséges idő.

Ezt vak minta (desztillált víz) vizsgálatával tudom a legstabilabban kikísérletezni, hisz az egyik legállandóbb vizsgálható víz. (MSZ 448-20:1990)

A vizsgálat menete

100 ml mintát öntök a kezelt edényzetbe, hozzáadok 5,0 ml 1:4 hígítású kénsavoldatot, majd felforralom. A forrás megindulásakor 8,00 ml 0,0025 mol/l-es kálium-permanganát-oldatot adok hozzá, majd visszateszem a fűthető mágneses keverőre, úgy, hogy csak enyhén forrjon. Az enyhe forrás megtartása az egyik legnehezebb feladat a vizsgálat során, ennek kiküszöbölésére keresem az ideális megoldást, különböző forrásállapotban történő vizsgálattal. Szeretném azonos mintából három különböző fűthető mágneses keverő segítségével, három különböző forrásállapotot vizsgálva bebizonyítani, hogy nem lesz eltérés a vizsgálati eredmények között. Pontosan 10 perc (± 15 s) elteltével 10,00 ml 0,005 mol/l-es oxálsav-mérőoldatot adok hozzá, és a színtelenné vált oldatot a 0,0025 mol/l-es kálium-permanganát-oldattal addig titrálom, amíg halvány rózsaszín színt nem kapok, ami legalább fél percig megtartja színét. Ez lesz az oldatom fogyása. (V_1) (MSZ 448-20:1990)

Számolás

Amint megkapom a fogyás értéket, az alábbi képletbe helyettesítve kiszámolom a minta kémiai oxigénigényét:

$$KOI_{ps} = \frac{8}{V_2} * (V_1 - V_0) * h \quad [6.]$$

ahol

V_1 : a minta titrálásakor fogyott permanganát-mérőoldat térfogata ml-ben.

V_2 : a faktor ellenőrzésekor fogyott mérőoldat térfogata ml-ben.

V_0 : a vakpróba titrálásakor fogyott mérőoldat térfogata ml-ben.

h : hígítás esetén a hígítási arány

8 : az oxigén egyenérték-tömegből és a ml-ről l-re való átszámításból adódó tényező mg/L-ben.

A kapott értéket 2,0 mg/l-ig két tizedesre (vagy 0,05-re) afölött egy tizedesre kerekítjük.

A mérőoldat faktora ($\frac{8}{V_2}$) : 0,988 és 1,012 közötti értéknek kell megfeleljen. (MSZ 448-20:1990)

Előnyei

A titrálás az egyik legrégebbi és legelterjedtebb kvantitatív analitikai módszer, amelyet gyakran alkalmaznak laboratóriumi környezetben. Az eljárás széleskörű alkalmazásának oka, hogy rendkívül gyors és egyszerű. A kézi titrálás során csak egy buretta, egy titrálószer és egy megfelelő végpontindikátor szükséges. A titrálószer addig adagoljuk, amíg a reakció befejeződik, és a végpont könnyen megfigyelhető lesz. Az adagolt titrálószer térfogatának mérése lehetővé teszi az analitikus anyag mennyiségének kiszámítását a kémiai reakcióban résztvevő anyagok aránya alapján. Emellett nagyon jó az ár/teljesítmény aránya a kifinomultabb technikákhoz képest.

Az elmúlt években a kézi titrálás folyamatát nagy részben automatizálták, ami tovább növelte az eljárás sebességét. Az automatizáltabb titrálásnak számos előnye van, például jelentős időmegtakarítást eredményez nagy mintamennyiségeknél.

Hátrányai

Nagyon sok befolyásoló tényezője van, sok ponton mehet el az eredmény, amit az automatizálással helytel-közzel sikerül kiküszöbölni. A legalapvetőbb ilyen befolyásoló tényező az ember maga. A gépek vegyszeradagolás, mennyiségi kimérés szempontjából sokkal pontosabbak, megbízhatóbbak, mint az ember. A minta szennyezése is minimálisra csökkenthető az automatizálással. Emellett számítási hibát sem vétének a mai számítógépesített technikák.

4.2.2. OMNIS TitrIC titrálás

Módszer leírása

Az automatizált és kézi titrálás alapelvei megegyeznek. Az oldatok, vegyszerek mennyisége, hígítása, a felfűtési hőmérséklet, és a képlet, amellyel számol azonban más. Az általam vizsgált titrátor a TitrIC FLex II egy ionkromatográfiás rendszer egyik eleme, egy OMNIS fantázianevet viselő automata titrátor, mely folyamatában megegyezik a kézi titrálásos vizsgálati módszerrel. Ez a műszer azonban más szabvány szerint működik. Az MSZ EN ISO 8467:1993 több ponton eltér a kézi titrálásos módszernél használt szabványtól, de a műszert a gyártó ezen szabvány szerinti paraméterekre és módszertanra tudta beállítani, ezért meg kellett találnom a két szabvány közti kapcsolatot, hogy az eredményül kapott értékek összehasonlíthatóak legyenek.

Titrátoros szabvány nem ír konkrét értéket sem vakminta értéknek, sem faktor fogyás értéknek, így a Titrátor minőségi ellenőrzését kontrollpontok segítségével határoztam meg, melyek a következőképp néztek ki:

A méréshez tartozó vak minta KMnO_4 fogyása: 0,12

A méréshez tartozó faktor fogyása: 7,99

A méréshez számított faktor érték: 1,0013

Minta		Titrátoros kontrollpont	Kézi titrálás KMnO_4 fogyása	Számított érték
1.	Visszamérendő kontroll érték: 0,50 ezt Műoldat segítségével állítottam be, melyet 625 μl oxálsav standard 1000 ml-re való feltöltésével értem el.	0,52	0,61	0,49
2.		0,52	0,61	0,49
3.		0,51	0,60	0,48
4.		0,51	0,60	0,48
5.		0,51	0,62	0,50
6.		0,50	0,62	0,50
7.		0,51	0,62	0,50
8.		0,51	0,60	0,48
9.		0,49	0,61	0,49
10.		0,50	0,62	0,50

5. Táblázat: Titrátor, valamint kézi titrálás kontrollpont táblázat

A két kiemelt oszlopból látszik, hogy a kontroll visszamérése ideális oldatok esetén közel azonos értékeket mutat, így a titrátoros méréseket validnak vettem.

Vizsgálat menete

A mérés folyamata az MSZ EN ISO 8467:1998. szabvány alapján zajlik. A rendszer egy 130,8 °C-os forró olajjal teli üvegpalásttal körülvelt edénybe szív 25 ml mintát, hozzá adagolja az 5 ml 2 mol/L-es kénsavat, majd a mintát körülvevő olajat keringeti, míg a minta a 96 °C-ot el nem éri. Ezt követően a rendszer a mintát 10 percig ebben a speciális olajfürdőben hőkezeli. Ezután kerül a mintába az 5 ml 0,002 mol/L-es töménységű permanganát oldat, majd újabb 10 perc (15 másodperc) hőkezelés következik. Következő lépésként a gép beledagolja az 5 ml 0,005 mol/L-es töménységű nátrium-oxalát-mérőoldatot (esetünkben 0,005 mol/L-es oxálsavat). A minta oxidálható komponensei redukálják a permanganát egy részét, a felhasznált permanganátot főlegben hozzáadott oxálsavat permanganometriás titrálásával határozza meg. A rendszer a vak és a faktor alapján kiszámolja a permanganát index értéket. (MSZ EN ISO 8467:1993)

Ez a fajta feldolgozási folyamat több ponton eltér a kézi titrálós módszerhez használt MSZ 448-20:1991-es szabványtól. A vizsgálat során használt oldatok más hígítási aránnyal rendelkeznek, valamint a meghatározás során a titrátor nem forral, csak hőkezel. Továbbá a mintákat a szabvány szerint 5 ml kénsavval savanyítani kell, függetlenül a feldolgozásig eltelt időtől. Ezen kívül a mintákat 2 napon belül fel kell dolgozni, ha a tárolási idő meghaladja a hat órát, 0-5 °C között fénytől védett helyen kell tárolni. A permanganát indexet egy a Titrátorba táplált képletsorral kapjuk meg, melyet az alábbiakban ismertetek.

Számolás

A permanganátindexet (I_{Mn}) az oxigénre vonatkoztatva, mg/L-ben a következő összefüggéssel határozzuk meg:

$$I_{Mn} = \frac{V_1 - V_0}{V_2} * f \quad [7.]$$

V_0 : vakpróbánál fogyott permanganát térfogata.

V_1 : titrálásnál fogyott permanganát térfogata.

V_2 : faktornál fogyott permanganát térfogata.

f : oxigénfogyasztás kiszámításához szükséges, a bemért minta térfogatától függő szorzófaktor, mg/l-ben.

Az f értéket a következő képlettel számítjuk ki:

$$f = \frac{V_4 * c(Na_2 C_2 O_4) * M_0 * 1000}{1000 * V_5} \quad [8.]$$

ahol

V_4 : A faktorozáshoz bemért nátrium-oxalát-standardmérőoldat mérőoldat térfogata, ml-ben.

$c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$: a nátrium-oxalát-standardmérőoldat anyagmennyiség-koncentrációja mmol/l-ben.

1000 : (számláló) faktor a $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ oldat koncentrációjának mmol/l-ről mmol/ml-re való átszámításához, mL/l-ben.

M_0 : Az oxigén molekulatömege, mg/O₂/mmol-ban kifejezve az oxigénszükséglet kiszámításához.

V_5 : a bemért minta térfogata ml-ben.

1000 (nevező) : faktor, a mért érték 1 L mintatérfogatra való átszámításához ml/l-ben. (MSZ EN ISO 8467:1993)

Előnyei

Teljes Automatizálás. A titrátor minden lépést automatizál, beleértve a titrálószer adagolását, a reakció követését, a végpont felismerését, az adattárolást, a számításokat és az eredmények rögzítését. A kezelőnek csak a mintát kell behelyeznie a titrátorba, és elindítania a módszert. Az automatizált rendszerek képesek minimális kezelői beavatkozással magas áteresztőképességet biztosítani, javítva ezzel a reprodukálhatóságot és csökkentve az emberi hibák lehetőségét. Ezen kívül az automatizálás hozzájárul a minőség és az adatbiztonság növeléséhez is. Az ilyen rendszerek fokozzák a laboratóriumi termelékenységet és hatékonyságot, ezáltal segítve a laboratóriumi feladatok hatékonyabb elvégzését.

A kevesebb vegyszerhasználatának köszönhetően kisebb az ökológiai lábnyoma.

Felhasználóbarát kezelés. Az automatizált titrátort egyszerű az adott feladatra programozni, és a felhasználók könnyen újrahasználhatják a beállított módszereket. Nincs szükség magas szintű kémiai ismeretekre; a rendszert egyszerűen kezelhetik alacsony képzettségű vagy kevésbé tapasztalt kezelők is.

Pontosság és precizitás. Az elektrokémiai szenzorok a színindikátorokat helyettesítik, ami nagyobb pontosságot eredményez. A potenciál grafikus ábrázolása és az ehhez kapcsolódó matematikai kiértékelés pontosabb eredményeket tesz lehetővé, mint a hagyományos színváltozások módszerei.

Mikroprocesszorok használata. Az automatizált titrátorok mikroprocesszorok segítségével vezérelhetők és kiértékelhetők. Ez lehetővé teszi a titrálás folyamatának pontos ellenőrzését és az eredmények megbízható rögzítését.

Az automatizált titrátor ezen tulajdonságai teszik hatékonyabbá és pontosabbá a kézi titrálásokhoz képest. Láthatjuk, hogy ami a titrátoros módszer előnye, az a kézi titrátoros módszer hátránya. Felmerül az emberben a kérdés, hogy akkor miért nem ezt a megoldást használja minden analitikai cég és laboratórium?

Hátrányai

Az első és legfontosabb hátrány, hogy az optimális vizsgálati érték alsó határa 0,5 mg/L. Emiatt az alacsonyabb mértékű, nagyobb tisztaságú vizeket nem tudjuk, vagy csak közelítőleg tudjuk vizsgálni.

Az idő. Az idő ugyanis pénz, és ez egy nagyon igaz mondás a mai világban is. Míg a kézi titrálásos módszerrel én 35 perc alatt párhuzamosan 3 mintát dolgoztam fel, addig a titrátoros egyel sem végzett. (Egy minta átlagos feldolgozása 30 perc és 1 óra közé esik felfűtési időtől függően.) Amíg a minimális pontatlanság határérték szempontjából "belefér", addig az emberi tényező által generált hibák is "beleférnek".

A pénz. Még mindig jóval olcsóbb beszerezni és karban tartani azokat az eszközöket, amiket kézi titrálás során használunk, mint egy milliókba kerülő rendszert vásárolni, és évente karban tartatni, nem beszélve a váratlan hibák kijavításáról.

4.2.2.1. A kézi titrálásos, valamint az OMNIS Titrátoros módszer közötti számítási kapcsolat

azaz, az MSZ EN ISO 8467:1993 és az MSZ 448-20:1990 közötti számítási kapcsolat.

MSZ 448-20:1990 szabvány szerinti számítás levezetése

I. folyamat: 100 ml minta + 8 ml 0,0025 mol/l-es KMnO₄

$$n(\text{KMnO}_4) = 8 \text{ ml} * 0,0025 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mmol}$$

II. folyamat: + 10 ml 0,05 mol/L-es NaOx

$$n(\text{NaOx}) = 10 \text{ ml} * 0,005 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$n(\text{NaOx}) = 0,05 \text{ mmol}$$

III. folyamat: Titrálás 0,0025 mol/l KMnO₄-gyel

Tegyük fel, hogy $V_1 = 1,1 \text{ ml}$, a vak mintára pedig $V_0 = 0,1 \text{ ml}$

a tényleges fogyás: $1,1 \text{ ml} - 0,1 \text{ ml} = 1 \text{ ml}$

Faktorozás:

Azt mutatja meg, hogy a KMnO₄ mérőoldatnak mekkora a tényleges koncentrációja. A vak oldathoz adunk 10 ml 0,005 mol/l-es NaOx-ot.

$$n(\text{NaOx}) = 10 \text{ ml} * 0,05 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$n(\text{NaOx}) = 0,05 \text{ mmol}$$

Ez 0,02 mmol KMnO₄-gyel egyenértékű, mivel a KMnO₄ mérőoldat névleges koncentrációja 0,0025 mol/l, a 0,02 mmol megfelel:

$$v(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mmol} : 0,0025 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$v(\text{KMnO}_4) = 8 \text{ ml}$$

tehát a faktort úgy kapjuk meg, hogy az elméleti fogyást (8 ml) osztjuk a tényleges fogyással.

Jelen esetben a könnyű számolás kedvéért tegyük fel, hogy a tényleges fogyás $V_2 = 8 \text{ ml}$; $f = 1$.

De jelen esetben a faktor nem csak erre szolgál, hanem a mmol KMnO₄/ml mintában kifejezett koncentráció átszámolására is az elvárt mg O₂/l minta mértékegységre.

Kiszámoltuk, hogy az elvi 8 ml KMnO₄ fogyás 0,05-mmol NaOx-nak felel meg, ami egyenértékű 0,05 mmol O₂-vel, mivel $M(\text{O}_2) = 16 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}$

$$m(\text{O}_2) = 0,05 \text{ mmol} * 16 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}$$

$m(\text{O}_2) = 0,8 \text{ mg}$, ami a bemért 100 ml mintára vonatkozik, tehát 1 l mintára ez 8 mg lenne $\Rightarrow$

vagyis a KMnO₄ mérőoldatunk tényleges "O₂ $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$ minta" értéke: $\frac{8}{V_2}$; jelen esetben: 1.

Térjünk vissza a titráláshoz.

A titrálás során a fogyás ($V_1 - V_0$) 1 ml volt, és tudjuk, hogy $f = 1$, tehát a KMnO_4 mérőoldat koncentrációja $0,0025 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$, és

$$n(\text{KMnO}_4) = 1 \text{ ml} * 0,0025 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,0025 \text{ mmol}$$

ez egyenértékű $\frac{5}{2} * 0,0025 \text{ mmol} = 0,00625 \text{ mmol NaOx-el} \Rightarrow$ ennyi volt a felesleg a II. folyamatban.

Ami elreagált a II. folyamatban:

$$0,05 \text{ mmol} - 0,00625 \text{ mmol} = 0,04375 \text{ mmol}$$

$0,04375 \text{ mmol NaOx egyenértékű } \frac{2}{5} * 0,04375 \text{ mmol} = 0,0175 \text{ mmol KMnO}_4\text{-gyel} \Rightarrow$ ennyi volt a felesleg az I. folyamatban.

Ami elreagált az I. folyamatban:

$$0,02 \text{ mmol} - 0,0175 \text{ mmol} = 0,0025 \text{ mmol KMnO}_4 \text{ reagált el az I. reakcióban.}$$

Ez ugyanaz az érték, mint amit a titráláshoz kaptunk.

A $0,0025 \text{ mmol KMnO}_4 \frac{5}{2} * 0,0025 \text{ mmol} = 0,00625 \text{ mmol NaOx-nek}$ felel meg, amiből

$$m(\text{O}_2) = 0,00625 \text{ mmol} * 16 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}$$

$$m(\text{O}_2) = 0,1 \text{ mg}$$

$$100 \text{ ml mintára ez} = 1 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Alkalmazott képlet:

$$\text{KOI}_{\text{ps}} = \frac{8}{V_2} * (V_1 - V_0) = 1 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \quad [9.]$$

ahol; $(V_1 - V_0)$ = a titráláshoz kapott fogyás

V_2 ; kifejezi, hogy a KMnO_4 mérőoldatunk mennyi mg/l O_2 -vel egyenértékű.

MSZ EN ISO 8467:1993 szabvány szerinti számítás levezetése

I. folyamat: 25 ml minta + 5 ml 0,002 mol/l-es KMnO₄

$$n(\text{KMnO}_4) = 5 \text{ ml} * 0,002 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,01 \text{ mmol}$$

II. folyamat: + 5 ml 0,005 mol/l-es NaOx

$$n(\text{NaOx}) = 5 \text{ ml} * 0,005 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$n(\text{NaOx}) = 0,025 \text{ mmol}$$

III. folyamat: Titrálás 0,002 mol/l-es KMnO₄ oldattal.

Tegyük fel, hogy $V_1 = 1,1 \text{ ml}$, a vakmintára $V_0 = 0,1 \text{ ml}$

A tényleges fogyás $(V_1 - V_0) = 1 \text{ ml}$

Faktorozás: (V_2 legyen 5 ml) + 5 ml 0,005 $\frac{\text{mmol}}{\text{l}}$ NaOx

$$n(\text{NaOx}) = 5 \text{ ml} * 0,005 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$n(\text{NaOx}) = 0,025 \text{ mmol}$$

Ez alapján $\frac{2}{5} * 0,025 \text{ mmol} = 0,01 \text{ mmol}$ KMnO₄-gyel egyenértékű, mivel a KMnO₄ mérőoldat névleges koncentrációja 0,002 mol/l, a 0,01 mmol megfelel:

$$v(\text{KMnO}_4) = 0,01 \text{ mmol} : 0,002 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$$

$$v(\text{KMnO}_4) = 5 \text{ ml}$$

A 0,025 mmol NaOx 0,025 mmol O₂-vel egyenértékű és $M(\text{O}_2) = 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Rightarrow$

$$m(\text{O}_2) = 0,025 \text{ mmol} * 16 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}$$

$m(\text{O}_2) = 0,4 \text{ mg}$, a bemért 25 ml mintára vonatkoztatva, tehát 1 l-re:

$$\frac{1000 \text{ ml}}{25 \text{ ml}} * 0,4 \text{ mg} = 16 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Jelen esetben $V_2 = 5$ ml.

Térjünk vissza a titráláshoz.

Fogyás ($V_1 - V_0$) = 1 ml, és a tényleges KMnO_4 koncentráció (mivel $V_2 = 5$ ml) $0,002 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$

$$n(\text{KMnO}_4) = 1 \text{ ml} * 0,002 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,002 \text{ mmol}$$

Ez egyenértékű $\frac{5}{2} * 0,002 \text{ mmol} = 0,005 \text{ mmol NaOx-szel} \Rightarrow$ ennyi volt a felesleg a II. reakcióban.

Ami elreagált a II. reakcióban:

$$0,025 \text{ mmol} - 0,005 \text{ mmol} = 0,02 \text{ mmol}$$

$0,002 \text{ mmol NaOx egyenértékű } \frac{2}{5} * 0,02 \text{ mmol} = 0,008 \text{ mmol KMnO}_4\text{-gyel} \Rightarrow$ ennyi volt a felesleg az I. reakcióban.

Ami elreagált az I. reakcióban:

$$0,01 \text{ mmol} - 0,008 \text{ mmol} = 0,002 \text{ mmol KMnO}_4 \text{ reagált az I. reakcióban.}$$

Ez is megegyezik a titrálásra kapott értékkel.

A $0,002 \text{ mmol KMnO}_4 \frac{5}{2} * 0,002 = 0,005 \text{ mmol NaOx-nek}$ felel meg, amiből

$$m(\text{O}_2) = 0,005 \text{ mmol} * 16 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}$$

$$m(\text{O}_2) = \frac{0,08 \text{ mg}}{25 \text{ ml}} = 3,2 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Alkalmazott képlet:

$$I_{\text{mn}} = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} * f \quad [10.]$$

$$I_{\text{mn}} = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} * f = (V_1 - V_0) * \frac{f}{V_2} = (1,1 - 1) * \frac{16}{5} = 1 * \frac{16}{5} = 3,2 \text{ mg/l}$$

A két képlet levezetéséből tökéletesen látszik, hogy egymásba implementálhatóak, hisz ugyanazok a folyamatok játszódnak le, valamint ugyanazokkal az adatokkal számol, más mennyiségi értékkel, ettől függetlenül a kapott érték 1:1-ben összehasonlítható.

4.2.3. Küvettatesztes titrálás

A módszer leírása

A vízminztát forró kénsavas kálium-dikromát oldattal oxidáljuk, amelynek katalizátora az ezüst-szulfát. A kloridot higany-szulfáttal maszkoljuk. A zöld Cr^{3+} ionok koncentrációját ezután fotometriásan határozzuk meg.

1 mol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ egyenértékű 1,5 mol O_2 -vel.

Az eredményeket mg/l kémiai oxigénigény értékként (= mg/l O_2) adjuk meg.

Számolás

A számolást a fotométer automatikusan elvégzi, így kész eredményt kapunk a vizsgálat során.

Előnyei

Hatalmas előnye, hogy a reagenseket készen kapjuk hozzá, nem nekünk kell előállítani azokat, valamint a reagensek lejárati ideje is fix, így annak eltarthatóságát sem kell számításba vennünk.

Emellett minimális a vegyszerigénye, és a vizsgálatok lépéseit is minimalizálják, ennek köszönhetően csökkentik a hibafaktorok számát. A teljes rendszer előre kalibrált, kicsi a helyigénye és ami a legfontosabb, hogy gyors és megbízható eredményt képes adni.

Óriási előnye még, hogy nincs zavaró hatás 20 000 mg/l Cl^- -ig. Az elfogadható klórtartalmat 40 000 mg/l-ig emelhetjük, ha a mintavétel előtt 0,50 g higany(II) szulfátot helyezünk el a reakciós cellában.

Hátrányai

Néhány heterociklusos vegyület (például piridin), kvaterner nitrogén vegyületek és könnyen illékony szénhidrogéneket nem tud vizsgálni. (<https://6>.)

Bár vegyszereket mennyiségileg kevesebbet használunk, anyagi szempontból jelentős kiadás a tesztek nagy tételben való vásárlása állandó mintafeldolgozás esetén.

Ezen felül a kiértékeléshez rendelkezniünk kell fotométerrel, mely ugyan egyszeri költség, azonban ennek karbantartása is éves szinten magas költséget von maga után.

5. Eredmények és értékelésük

A befolyásoló tényezők jelentős hányadának vizsgálatát csak a kézi titrálós módszeren tudtam végre hajtani a titrátoros mintafeldolgozási folyamat zárt rendszere miatt. Amely vizsgált paraméter esetében összehasonlítási alappal rendelkeztem a titrátoros rendszert illetően, annál a tényezőnél erről külön említést tettem. A KOI_{ps} vizsgálat befolyásoló tényezőinek keresése közben a minta feldolgozásának időrendiségét követtem. Egy KOI vizsgálat egy minta esetében ideális esetben 35-40 percet vesz igénybe. A vizsgálat során oxidációs és redukciós folyamatok mennek végbe. Az oxidáció nagysága függ a vizsgálati körülményektől, ezért az előírásokat pontosan be kell tartani.

Előkísérletek

Mielőtt megpróbáltam feltárni a kémiai oxigénigény befolyásoló tényezőit permanganátos meghatározás esetében, előkísérletekkel szűkítettem a keresendő változók tárgyköreit.

Minta rövid idejű tárolására vonatkozó kísérlet

Megvizsgáltam több minta feldolgozását ugyanazon a napon, mind kézi módszerrel, mind titrátoros módszerrel, és arra a következtetésre jutottam, hogy, ha a mintát kevesebb, mint egy nap alatt dolgozzuk fel, és ez alatt szobahőmérsékleten áll, a mintánál mért érték nem változik, így a rövid távú eltarthatóság vizsgálatának szükségességét kizártam.

Permanganát-oldat állás nélküli felhasználására vonatkozó kísérlet

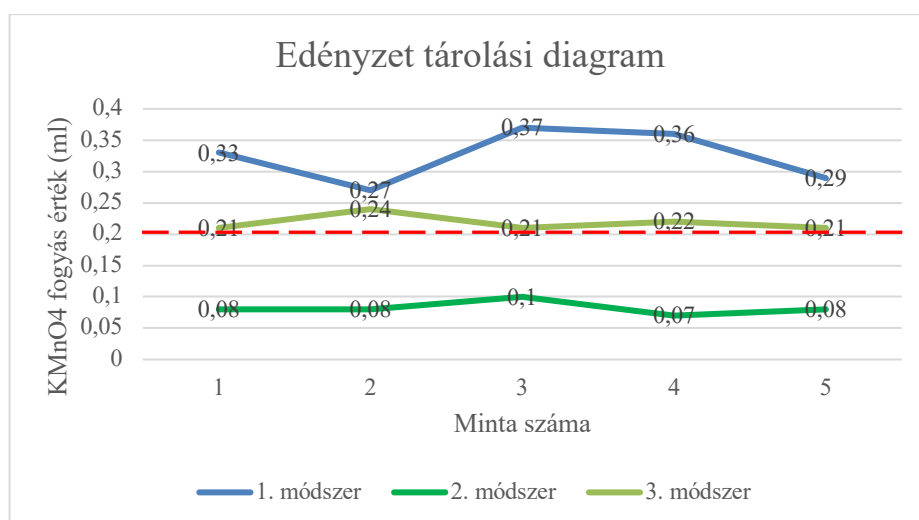
A desztillált vízben is vannak kis mennyiségű oxidálható anyagok, ezért oldódás során oxidálódnak, bizonytalanul csökkentik a mérőoldat hatóértékét és közben mangán-dioxid keletkezik. Ezért a friss mérőoldatot felhasználás előtt állni kell hagyni. Így értelmetlennek láttam azt, hogy azonnali felhasználással vizsgáljam a permanganát-oldatot.

5.1. Edényzet

Kísérlet leírása

A minta feldolgozásában az első lépés az edényzet megfelelőségének vizsgálata, hisz a minta először a szabvány szerint előkészített edénnyel érintkezik. A permanganát önbomlását az edényzet felületének állapota befolyásolja, ezért különösen előkezelt edénnyet kell használni, és az önbomlás mértékét ellenőrizni kell vakpróbával. Ezért kezelését szabvány szerint a következőképpen végzem el:

A vizsgálat során 500 ml-es Erlenmeyer-lombikokat használtam. Az első használatbavétel előtt a lombikba 150 ml desztillált vizet és 5 ml 0,025 mol/l-es kálium-permanganát-oldatot, valamint egy kis kanál üveggyöngyöt tettem (a hőeloszlás és az egyenletes forralás elősegítése érdekében), és 1 óra hosszan át enyhén forraltam, 101 °C-on egy fűthető mágneses keverőn. Az elpárolgó vizet időnként pótoltam. Az óra elteltével 3 ml 1:4 hígítású kénsavoldatot és 3 ml 0,05 mol/l-es oxálsavat adtam a lombikba¹ 50 ml vízzel, körbeöblítve a lombik falát is. Pár percig állni hagytam, majd a folyadékot erre a célra rendszeresített gyűjtőkannába öntöttem. Ezeket a lombikokat a szabványnak megfelelően a benne lévő folyadék kihűlése után üvegdugóval lezárom, tartalmát csak a következő vizsgálat előtt öntöm ki, elkerülvén az üveg szennyeződését. Itt azonban egy bizonytalansági faktort találtam, ezért ezt a területet más szemszögből is vizsgálni kezdtem. Az edényzet tárolását több módon vizsgáltam, aszerint, hogy mit ír a szabvány, mit mond a józan ész és ezáltal mi a legoptimálisabb tárolási módszer. A laborunk azt a módszert alkalmazta eddig, hogy a kihűlt letitrált oldatot a szabványnak megfelelően az üvegben hagyta, majd újra használat előtt kiöntötte, és ebbe került a következő minta. Ezt vettem 1. módszernek. Úgy éreztem, hogy a legmegfelelőbb módszer a minta titrálása után a folyadék kiöntése, az edényzet savas desztillált vízzel való kiöblítése, majd 100 ml desztillált vízzel feltöltöttem az üveget, és azt zártam le a következő vizsgálatig. Ezt vettem 2. módszernek. A szabvány említést tett arról is, hogy kiöblítés után szárazon lezárva tárolhatjuk az edényzetet, ezt vettem 3. módszernek. A 3 módszert vakpróbával hasonlítottam össze, melynek eredménye a következőképp alakult:



1. diagram: Edényzet tárolási diagram²

¹ A szabvány engedélyezi a Nátrium-oxalát oxálsavval való helyettesítését.

² Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Edényzet tárolási módszerei eredménytáblázat

Miben befolyásolhatja?

A szennyezett edényzet megnöveli a KMnO_4 fogyás értékét, ezáltal a KOI_{ps} értéket is.

Miben befolyásolta?

A grafikonról leolvasható a piros színű vízszintes vonalnál található 0,2 ml-es KMnO_4 fogyási küszöbérték, melyet a vonatkozó szabvány maximumként határoz meg vakpróba esetén. A vizsgálati eredmények alapján (mellékletek: 43. oldal), az 1. módszer eredményei magasabb KOI_{ps} értékeket eredményeztek, mert a benne maradt nem teljesen oxidálódott permanganátos mintát nem lehetett teljes mértékben kiüríteni az edényzetből még desztillált vizes atmoszárral sem, ezért keresztszennyezés merült fel.

A szabvány által engedett 3. módszer szintén a megengedettnél magasabb KMnO_4 fogyási értékeket eredményezett, az üvegből kiöntött, de az üvegre valószínűleg rászáradt oldatok újra oldódtak, amikor bele került a friss minta, és elkezdtem forralni.

A 2. módszer bizonyult a legideálisabbnak, mert a savazás eredményeképp minden szennyezőanyagot sikerült kitisztítani az edényzetből, és ezek eredményezték a legmegfelelőbb KMnO_4 fogyás értékeket.

Mivel lehet kiküszöbölni?

Egyértelműen a megfelelő módszer választásával, valamint az edényzet használatát megelőző savazás is megoldást nyújt a problémák kiküszöbölésére.

5.2. Horzsakő mennyisége

Kísérlet leírása

Az adott tényezőt a bizonytalansági faktora miatt vizsgáltam. A vonatkozó szabvány nem tesz említést a horzsakő pontos mennyiségéről, az "MSZ 448-20:1990 - Ivóvízvizsgálat. A permanganátos kémiai oxigénigény meghatározása" szabványban mindössze a tárgyi leírásban találtam említést, valamint a vizsgálati leírásban késhegynyi értéket ír, mely nem egy kvantitatív adat. Azonos megfogalmazást egy régebbi szabványban is felfedeztem, az "MSZ 260/16:1967 - Szennyvizek vizsgálata. Oxigénfogyasztás (kémiai oxigénigény (KOI)) meghatározása" címűben, mely szintén késhegynyi horzsakő használatáról tesz említést pontos értéket azonban itt sem fedeztem fel. A késhegynyi nem éreztem kvantitatív értéknek ezért megvizsgáltam tömegre vonatkozólag mekkora az a horzsakő mennyiség, amely már

befolyásolja a KOI_{ps} értéket, és milyen irányban. Egy késhegynyi horzsakő tömegét 0,05 g-nak vettem.

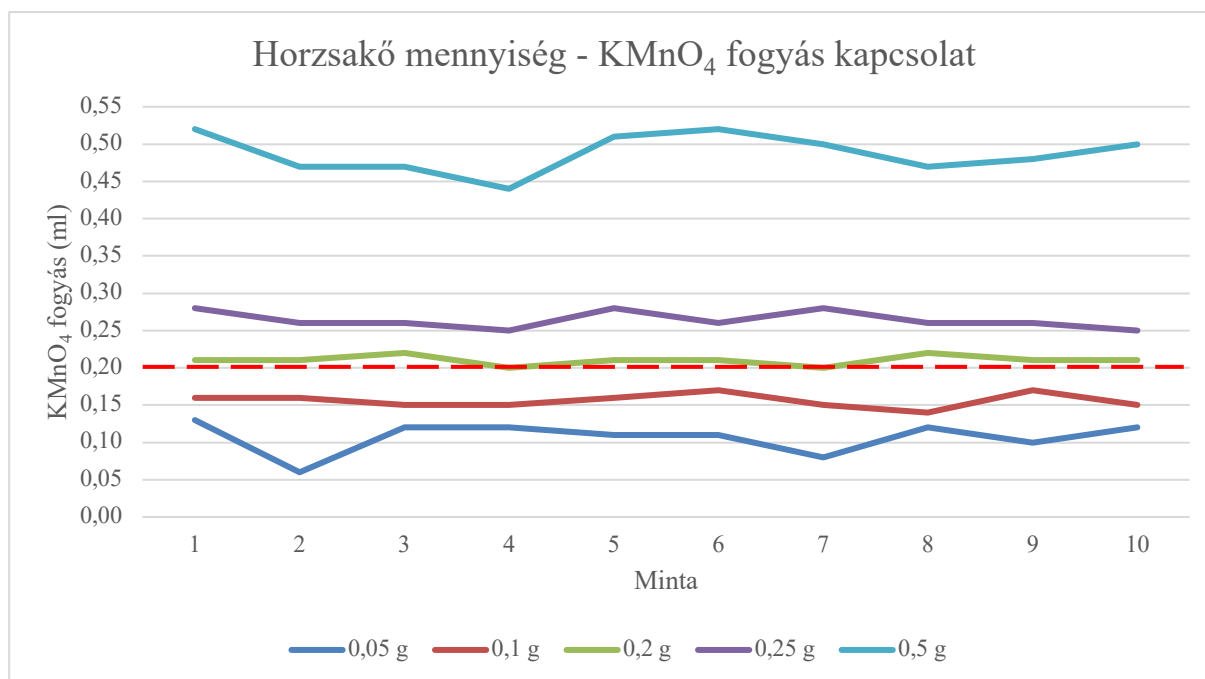
A horzsaköves vizsgálathoz üveggyönggyel vakmintákból összehasonlítási vizsgálatokat végeztem, melyek a következőképp alakultak:

0,05 g horzsakő (késhegynyi)		Üveggyöngy (8-10 db)	
KMnO ₄ fogyás érték (ml)	Faktor fogyás érték (ml)	KMnO ₄ fogyás érték (ml)	Faktor fogyás érték (ml)
0,12	8,03	0,13	8,00
0,11	7,99	0,09	8,02
0,08	8,02	0,12	8,01
0,12	8,00	0,11	8,00
0,10	8,02	0,12	7,99

6. táblázat: Horzsakő és üveggyöngy összehasonlítási táblázata

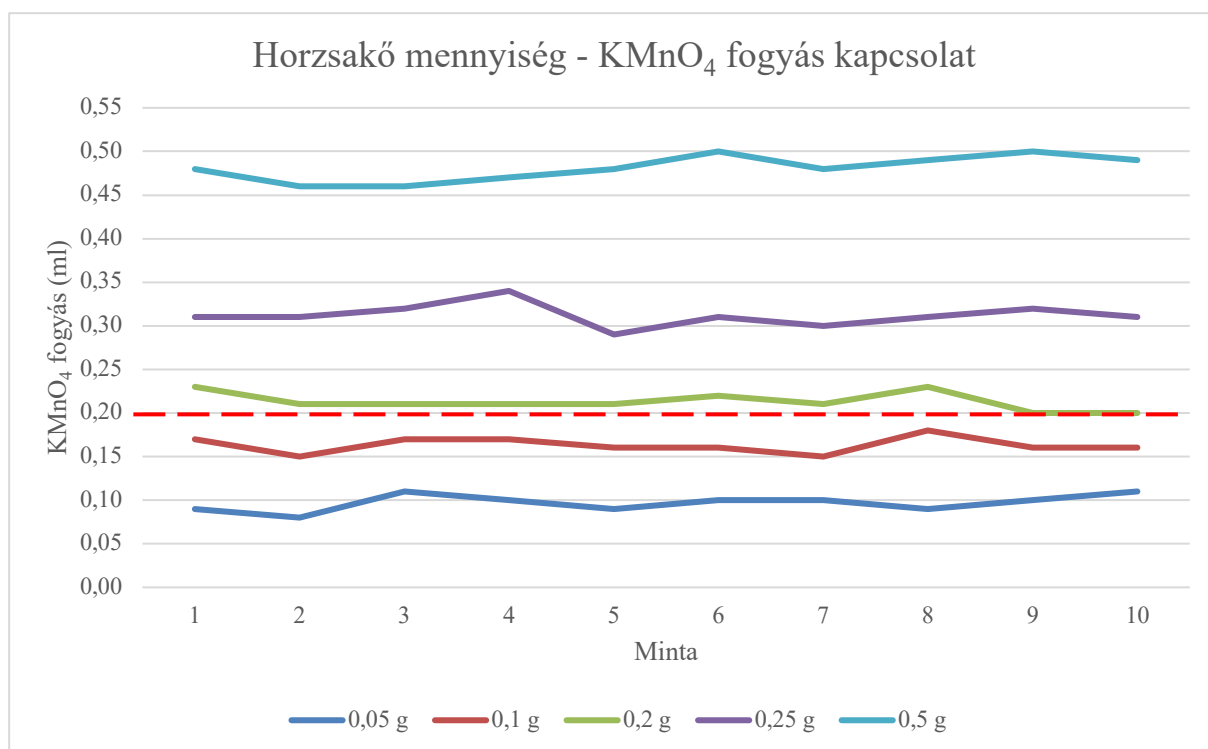
Az eredményekből arra következtettem, hogy a megfelelő mennyiségű horzsakő, üveggyönggyel helyettesíthető.

A méréseket 10 ismétléssel, 3 sorozatban végeztem el. A kapott eredményekből az alábbi következtetésre jutottam:

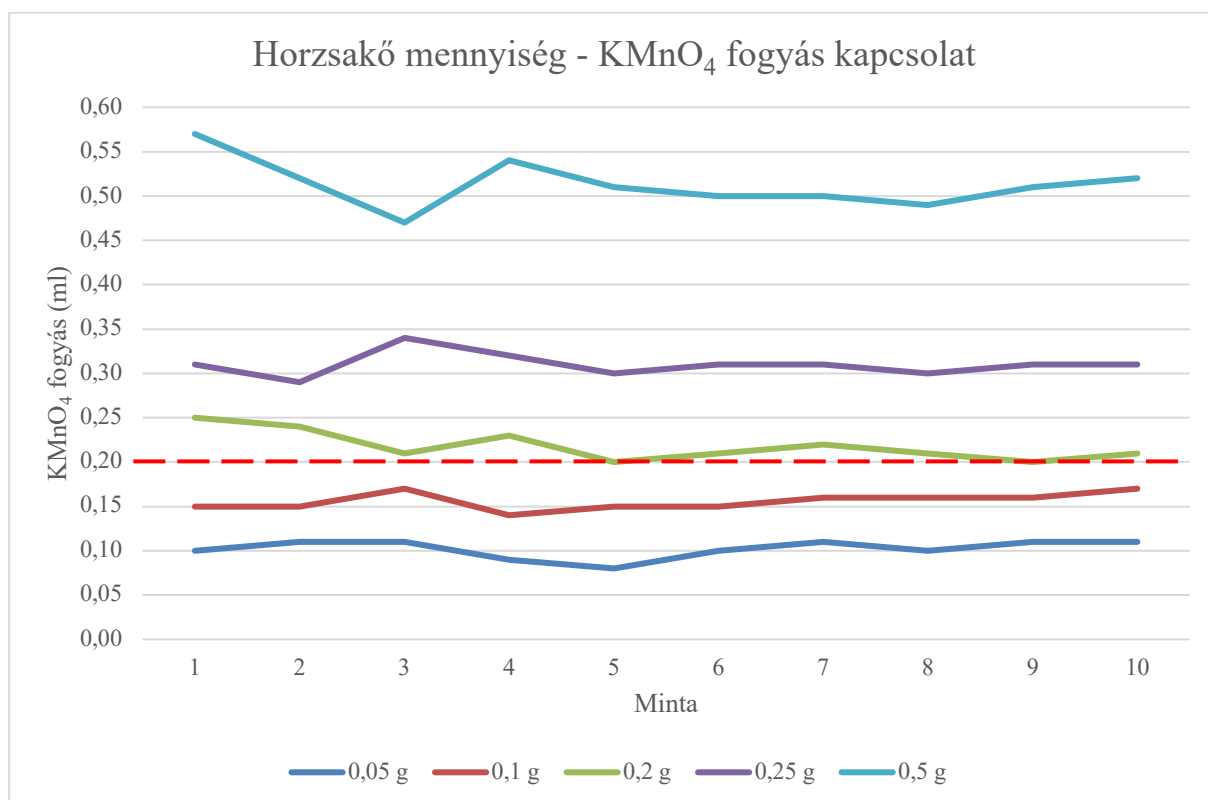


2. diagram: Horzsakő mennyiségi diagram³

³ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Horzsakő mennyiségi eredménytáblázat



3. diagram: Horzsakő mennyiségi diagram⁴



4. diagram: Horzsakő mennyiségi diagram⁵

⁴ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Horzsakő mennyiségi eredménytáblázat

⁵ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Horzsakő mennyiségi eredménytáblázat

Miben befolyásolhatja?

Véleményem szerint magasabb KOI_{ps} értéket eredményez, mert nem analitikailag tiszta, nem tisztítható és inhomogén.

Miben befolyásolta?

Ahogy a 6. táblázatból is látszik, a késhegynyi értéként vett 0,05 g-os mennyiség közel azonos értékeket produkált az üveggyöngyével. Azonban ahogy növeltem a horzsakő mennyiséget, a $KMnO_4$ fogyás értéke is nőtt, tehát a KOI_{ps} érték is emelkedett (2., 3., 4., diagram). A horzsakő használatától a minta 0,25 g-os mennyiséget követően enyhén, majd 0,5 g-os mennyiséget követően erősen opálossá vált, mely megnehezítette a pontos érték leolvasását. Ezen felül a piros vonallal jelölt permanganát fogyás érték felső határát is átlépte minden növelt mennyiség. Ennek oka véleményem szerint több rétű. A hiba egyrészt az inhomogenitásában, másrészt a horzsakő savanyú összetételében rejlik. A nagyobb mennyiségű horzsakő a forralás során több hőt vezet át a folyadékba, ami lehetővé teszi a hatékonyabb reakciókat és a szerves anyagok gyorsabb lebomlását. Ennek eredményeként növekedhet a víz KOI_{ps} értéke. Ezen felül a szilícium-dioxid tartalma, valamint a kalcium-karbonát tartalma miatt, a forrás közben lejátszódó reakcióknak köszönhetően nagyobb mennyiség magasabb KOI_{ps} értéket eredményez. (Ilkeyné, Barabásné, 1961.)

Hogyan küszöbölhető ki?

A kimért 0,05 g horzsakő nem okoz változást a KOI_{ps} értékében, így, ha tartjuk ezt a mennyiséget, az megoldást nyújthat a problémára. Ezen felül, a horzsakő mennyiségét és minőségét tökéletesen helyettesíti az üveggyöngy, amely inert, ellenáll a kémiai reakcióknak, valamint többször felhasználható savazásos tisztítással, így költséghatékony is.

5.3. Forráspont változás

Kísérlet leírása

A forrási hőmérséklet szempontjából megvizsgáltam, hogy az adott mintához hozzáadott szükséges vegyszerek, lépcsőfokokként nézve változtatják-e (eltolják-e) a forráspontot, ezáltal teret adva a különböző forralási hőmérsékleten történő vizsgálatnak. A vizsgálatokat az eszközlistában felsorolt fűthető mágneses keverőkön végeztem, valamint a szintén műszerlistában feltüntetett kalibrált hőmérőkkel mértem a minták hőmérsékletértékét.

Desztillált vizes minta forráspontja (°C)					
Hozzá adott oldat	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5
Desztillált víz forráspontja (amikor a látszólagos forrás beindul)	100,1	100,2	100,1	100,1	100,2
5 ml 1:4 H ₂ SO ₄	100,3	100,2	100,3	100,2	100,2
5 ml 1:4 H ₂ SO ₄ + a 0,0025 mol/l-es 8 ml KMnO ₄ oldat	100,2	100,3	100,3	100,3	100,1

7. Táblázat: Vak minta forráspontja különböző hozzá adott oldatok esetében

Ivóvíz minta forráspontja (°C)					
Hozzá adott oldat	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5
Ivóvíz minta forráspontja (amikor a látszólagos forrás beindul)	100,2	100,1	100,2	100,1	100,2
5 ml 1:4 H ₂ SO ₄	100,3	100,3	100,2	100,2	100,2
5 ml 1:4 H ₂ SO ₄ + a 0,0025 mol/l-es 8 ml KMnO ₄ oldat	100,3	100,3	100,3	100,2	100,3

8. Táblázat: Ivóvíz minta forráspontja különböző hozzá adott oldatok esetében (°C)

Miben befolyásolhatja?

Feltételezésem szerint nem befolyásolja a vizsgálatot.

Miben befolyásolta?

Kísérletem során arra a következtetésre jutottam, hogy sem az 1:4 arányban hígított H₂SO₄, sem a későbbiekben hozzáadott KMnO₄ oldat, nem tolja el sem pozitív, sem negatív irányba a minta forráspontját, függetlenül attól, hogy valódi minta, vagy desztillált víz volt az oldatunk.

Érdekesség, hogy a horzsakő viszont 1 °C-al negatív irányban eltolta a forráspontot, melyet az alábbi táblázatban szemléltetek.

Minta	Horzsakő használatával (°C)	Üveggyöngy használatával (°C)
1.	98,9	100,1
2.	99	100,2
3.	99	100,1
4.	98,9	100,1
5.	99	100,1

9. Táblázat: Forráspont összehasonlítás horzsakő ill. üveggyöngy használata esetén

A forralás során a horzsakő részecskéi bejutnak a vízbe és reagálnak a kalcium- és magnézium-sókkal, megakadályozva ezáltal azok lerakódását a főzőeszközökben. A hőmérséklet eltolódás oka véleményem szerint egyrészt a horzsakő durva felülete lehet, ami által több ponton érintkezik a főzőeszköz aljával, így növelve a hőátadást és elősegítve a forrást. Másrészt a

horzsakő valamivel reaktívabb lehet a vízzel, mint az üveggyöngyök, ami gyorsabb hőátadást eredményezhet.

5.4. Forralási hőmérséklet

Kísérlet leírása

Megvizsgáltam, hogy három különböző forrásállapoton miként viselkedik a vizsgált paraméter. Az MSZ 448-46:1988 szabvány alapvetően úgy fogalmaz, hogy a minta „enyhén forrjon”, mely nem egy számszerűsíthető és nem egy objektív érték. Az első vizsgált parametrikus érték a 95-98 °C közötti hőmérséklettartományba esett, mely során még pont nem kezdődik meg a forrás. Mivel az automata titrátor is az MSZ EN ISO 8467 ISO 8467:1993 szabványban leírtaknak megfelelően ebben a tartományban hőkezeli a mintát, így arra kerestem a választ, ez vajon a kézi titrálós módszer esetében is alkalmazható-e. Az MSZ 448-46:1988 szabványban leírt "szóhasználat" miatt a másodikként vizsgált intervallum a 99-101 °C közti hőmérséklettartomány volt, ahol már beindul a forrás, azonban szemre még az "enyhén forr" vizuális érzetet adja a minta forrása. Harmadikként pedig az előlotti forralási hőmérsékletet vizsgáltam ahol már "nagyon forr" a minta. Ezeket az állapotokat az alábbi képekkel igyekeztem szemléltetni:



5. kép: Hőkezelés - Enyhe forrás - Nagyon forrás ábrázolás (Forrás: Saját fotók)

A kapott eredmények a következőképp alakultak:

	Forralási hőmérséklet - KMnO ₄ fogyás (ml)									
Alacsonyabb hőmérséklet	0,56	0,50	0,59	0,50	0,56	0,50	0,56	0,50	0,50	0,55
Normál forralási hőmérséklet	0,07	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08
Magasabb hőmérséklet	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09

10. Táblázat: Forralási hőmérséklet - KMnO₄ táblázat

Miben befolyásolhatja?

Véleményem szerint az alacsonyabb hőmérsékleten végzett forralás során nem történik elegendő oxidáció, így a permanganáttal történő reakciók nem mennek teljesen végbe, ezáltal nagyobb mennyiségű szerves anyag marad a mintában, amely oxidációjához több oxigénre van szükség. Ezért magasabb KOI_{ps} értékre számítok.

A magasabb hőmérsékleten végzett forralás következtében teljes lesz az oxidáció, hatékonyabb lesz a folyamat, ezért alacsonyabb KOI_{ps} értékre számítok.

Miben befolyásolta?

A vizsgált módszerek alkalmazása során a hőkezelés hatására nem történtek meg a megfelelő kémiai reakciók, mely következtében a KOI_{ps} érték magasabb lett, ahogy a 10. táblázatban is látható. Az enyhén forralás illetve a magasabb hőmérsékleten történő forralás következtében azonban változást nem tapasztaltam a kapott eredmények között. Kísérletemben a magasabb hőmérsékleten történő forralás során annyit értem el, hogy teljesebb lett az oxidáció rövidebb idő alatt.

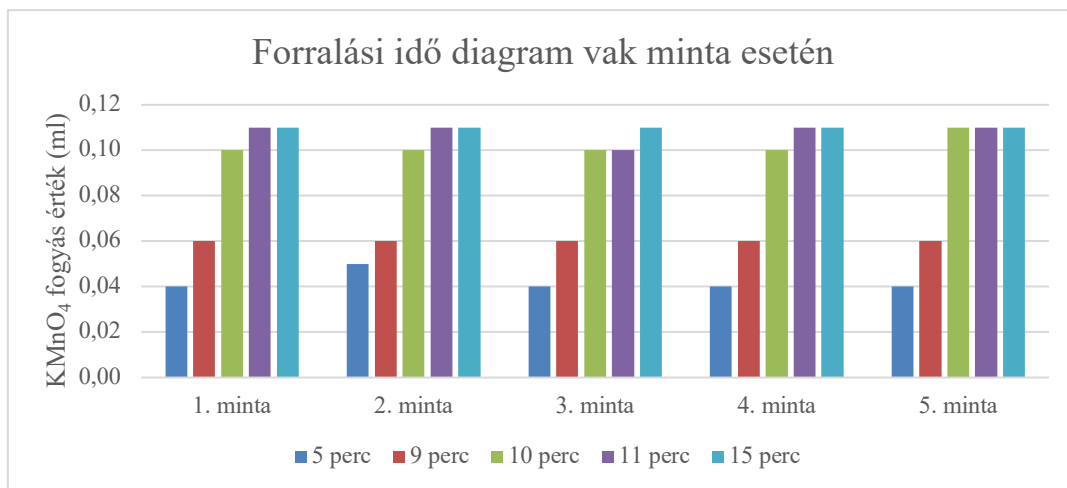
Mivel küszöbölhető ki?

A megfelelő és egyenletes forralási hőmérséklet megtalálása érdekében tett kísérleteimnél arra a következtetésre jutottam, hogy a megfelelő technika megtalálása illetve a titrátoros módszer adhatnak ezekre a problémákra egyértelmű megoldást.

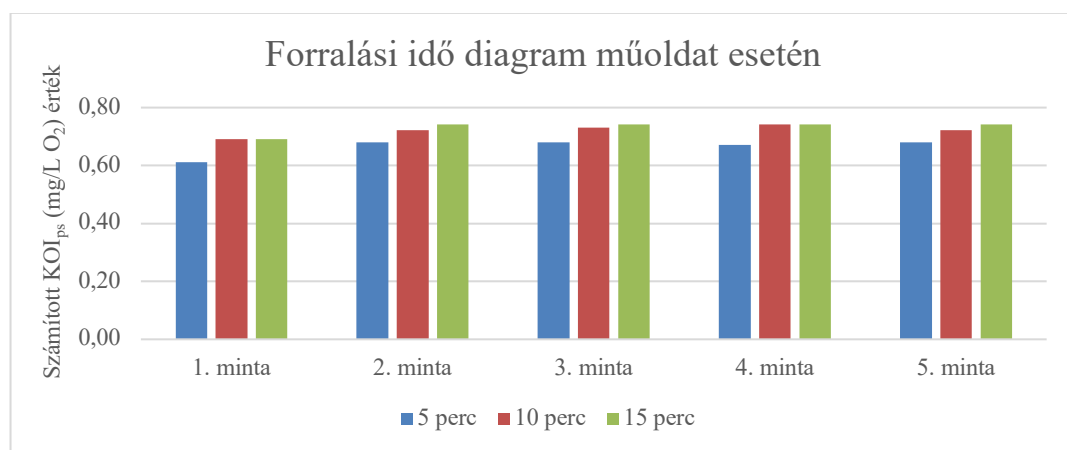
5.5. Forralási idő

Kísérlet leírása

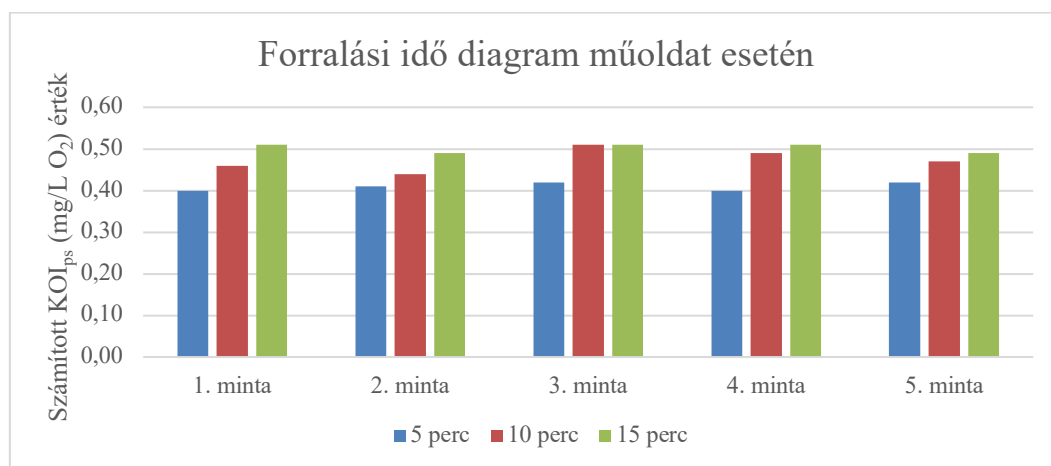
A szabvány kimondja, hogy a permanganáttal kezelt oldatot 10 perc (± 15 másodperc) forralás után 10 ml oxálsavval szinteleníteni kell, majd permanganáttal titrálva megvizsgálni a színreakcióig a fogyást. Arra tettem kísérletet, hogy a szabvány által leírt időegységek előtt megszakított, vagy tovább forralt minta hogyan változik, és melyik tényező milyen irányba befolyásolja a KOI_{ps} értéket.



5. diagram: Forralási idő - KMnO_4 fogyás diagram⁶



6. diagram: Forralási idő - KOI_{ps} érték diagram⁷



7. diagram: Forralási idő - KOI_{ps} érték diagram⁸

⁶ Diagramhoz tartozó adatok: Mellékletek: Forralási idő eredménytábla vak minta normál forrás esetén

⁷ Diagramhoz tartozó adatok: Mellékletek: Forralási idő eredménytábla műoldat 1. adatsor

⁸ Diagramhoz tartozó adatok: Mellékletek: Forralási idő eredménytábla műoldat 2. adatsor

Miben befolyásolhatja?

Véleményem szerint, ahogy a forralási hőmérséklet esetében, úgy a forralási idő esetében is változásokat tapasztalhatunk. Az alacsonyabb forralási idő esetében azt várom a folyamattól, hogy az oxálsav hozzáadagolását követően a minta nem színtelenedik el, ezáltal 0-s értéket kapok KMnO_4 fogyásértéknek, tehát csökken a KOI_{ps} érték. A tovább forralás ezzel szemben véleményem szerint magasabb KOI_{ps} értéket eredményez.

Miben befolyásolta?

A vizsgálat során a reakciót nem hagytuk befejeződni azzal, hogy korábban szakítottuk meg a forralást, ezért a reakció nem volt teljes. Kevesebb szerves anyag tudott lebomlani, ezért ahogy az 5. 6. és 7. diagramon is látszik ez alacsonyabb KOI_{ps} értékeket eredményezett. Tovább forralás esetén azonban csak nagyon minimálisan nőtt a KOI_{ps} érték, hiszen a reakciók az előírt 10 perc alatt már végbementek.

Hogyan küszöbölhető ki?

Kiküszöbölésének lehetőségét a titrátor alkalmazásában látom, valamint megfelelő időmérő eszköz használatában. Az általam használt laboratóriumunkban rendszeresített tojásórák például nem voltak oly mértékben pontosak, hogy a megadott időt be tudjam tartani, így stopperrel kellett az eredmények nagy részét mérnem.

5.6. Kálium-permanganát oldat eltarthatósága

Kísérlet leírása

Titrló oldat, mint befolyásoló tényező (10 minta) / 3 sorozat

A oldat: 0,025 mol/L-es (0,125 n): 4,0 g kálium-permanganátot 1000 ml vízben feloldunk. 2 órán keresztül 90-95 °C közötti hőmérsékleten tartjuk. Én ezt vízfürdő segítségével oldottam meg. Ezután legalább 2 napig sötét helyen, szobahőmérsékleten állni hagyjuk, majd a tisztáját óvatosan leöntjük az előzetesen krómkénsavval kimosott, bő vízzel kiöblített és kiszáritott sötét, üveg dugós üvegbe. A sötétítést alufóliacsomagolással oldottam meg. Sötét helyen tartva 6 hónapig szabad tárolni.

B oldat: 0,0025 mol/L-es (0,0125 n): az A. oldat 100 ml-ét mérőlombikban 1000 ml-re hígítjuk. Barna üveg dugós üvegben, sötét helyen 2 hétig szabad tárolni. Ezt használom közvetlenül titráláshoz.

Az oldat szabvány szerint 2 hétig eltartható, azonban arról nem közöl információt, hogy első pillanattól kezdve használható, vagy kell pihentetési időt alkalmazni első használat előtt. A szabvány 2 hetes eltarthatósági időt szabott meg, ennél további időintervallumot nem tartottam ésszerűnek a vizsgálatra, mivel a hígított oldat ennél rövidebb idő alatt elfogy.

A szabvány a következő értékeket határozza meg vak minta szempontjából:

Vak: A vakpróbánál a kálium-permanganát-oldat fogyásának nem szabad 0,2 ml-nél nagyobbak lenni. (MSZ 448-20:1991)

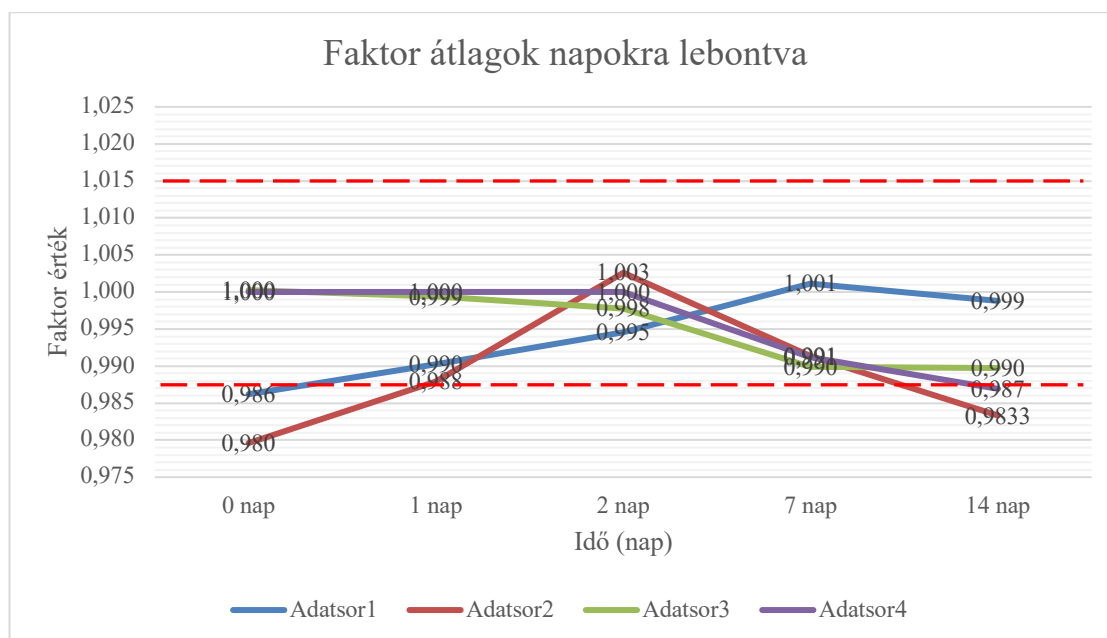
Faktor: A mérőoldat faktora ($8/V_2$) 0,988 és 1,012 közötti legyen ahol V_2 : a faktor ellenőrzésekor fogyott mérőoldat térfogata, ml-ben.

Kísérleteim során a B oldatot vizsgáltam, mert az A oldat fél éves eltarthatósági idejét nem éri el a készített oldat mennyisége, hisz a rutin laboratóriumi vizsgálatok során sokkal rövidebb idő alatt elfogy a készített tömény permanganát oldat így ennek vizsgálatát irrelevánsnak tartottam.

Miben befolyásolhatja?

Vélhetően valamelyik irányba elcsúszik a faktor, valamint a KMnO_4 fogyás értékem.

Miben befolyásolta?

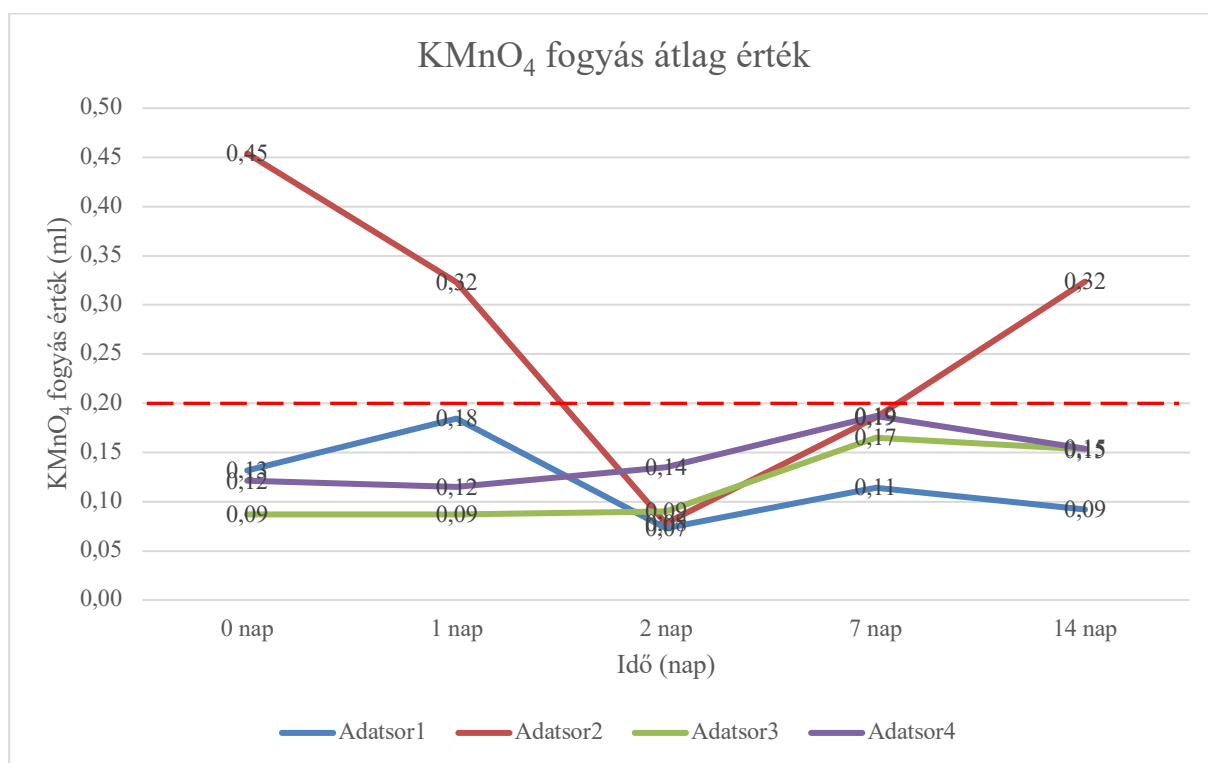


8. diagram: Kálium-permanganát eltarthatósági diagram⁹

⁹ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Kálium-permanganát eltarthatósági táblázat

Faktor átlag diagramhoz tartozó szórás értékek				
	1. adatsor	2. adatsor	3. adatsor	4. adatsor
0 nap	0,106	0,006	0,001	0,001
1 nap	0,002	0,003	0,001	0,001
2 nap	0,004	0,002	0,001	0,001
7 nap	0,002	0,002	0,001	0,002
14 nap	0,002	0,003	0,001	0,002

11. Táblázat: Faktor átlag diagramhoz tartozó szórás értékek



9. diagram: Kálium-permanganát eltarthatósági diagram¹⁰

KMnO ₄ fogyás átlag diagramhoz tartozó szórás értékek				
	1. adatsor	2. adatsor	3. adatsor	4. adatsor
0 nap	0,106	0,059	0,011	0,007
1 nap	0,014	0,046	0,005	0,033
2 nap	0,013	0,013	0,006	0,008
7 nap	0,012	0,014	0,012	0,013
14 nap	0,019	0,033	0,010	0,014

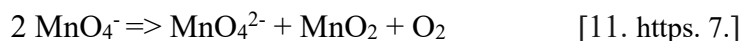
12. Táblázat: KMnO₄ fogyás átlag diagramhoz tartozó szórás értékek

Az eredmények függvényében arra a következtetésre jutottam, hogy az oxálsav, vagy a permanganát eltarthatósága, illetve ideális felhasználhatósági időintervalluma 2 nap és 1 hét közötti. Ezért komponensenként kezdtem vizsgálni a folyamatot. Az oxálsav vizsgálatot követően arra a következtetésre jutottam, hogy a permanganát oldat akár a megengedett 2 héten

¹⁰ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Kálium-permanganát eltarthatósági táblázat

túl is megfelelő eredményeket mutat. Azt azonban tapasztalati úton feltártam, hogy, ha az oldat sokáig használat nélkül áll, vagy melegebb helyen illetve fénytől nem védett helyen van tárolva, lassan bomlani kezd és veszít oxidáló tulajdonságaiból.

Az ekkor lejátszódó kémiai reakció során mangán dioxid és oxigén gáz keletkezik.



Ahogy a 9. diagramból is kivehető a hígított KMnO_4 oldat már a 0. naptól használható és jó eredményeket ad, annak függvényében, hogy a hozzá használt oxálsav mennyi ideje áll. A nagyon kiugró értékek esetében az oxálsav meghaladta az általam ideálisnak mért időtartamot, ennek tudható be bizonyos értékek esetében a nagy eltérés. A piros vonal a faktor esetében az ideális értékeket határolja be, a KMnO_4 fogyás esetében pedig a megfelelő érték felső határát jelzi. A két értéknek együttesen kell megfelelnie a szabványban leírt ideális állapot elérése érdekében.

Mivel lehet kiküszöbölni?

Az oldat eltarthatóságának idejét hűvös fénytől védett helyen tárolással lehet biztosítani, ezzel kiküszöbölhető a bomlási folyamat megindulása, valamint a mangán-dioxid képződés.

5.7. Oxálsav eltarthatósága

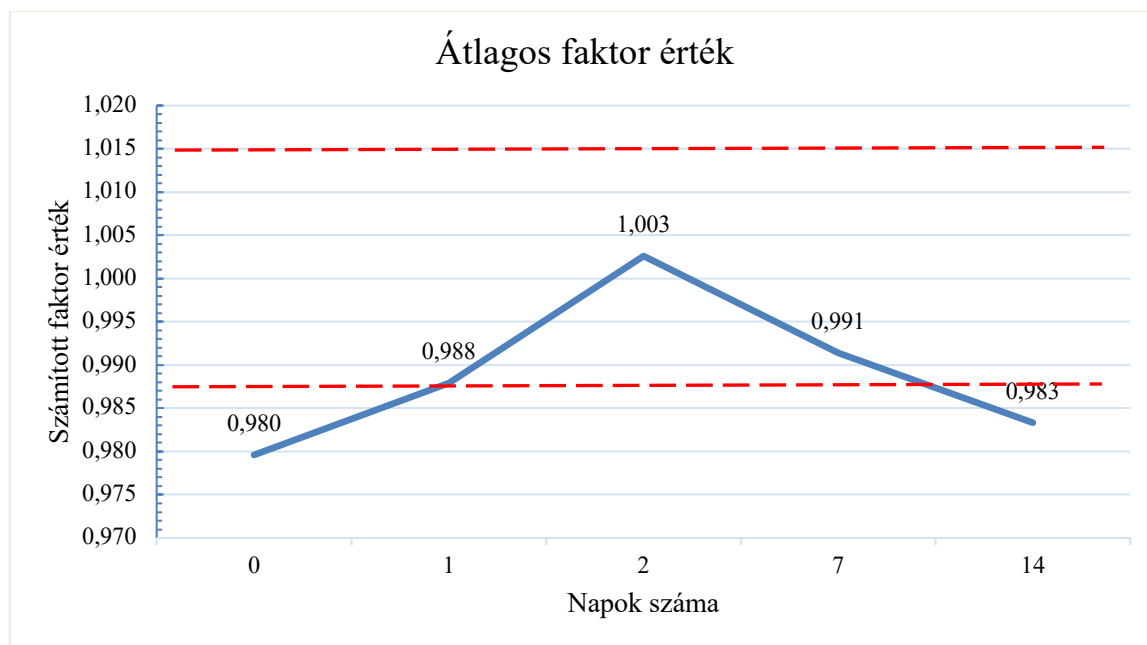
Kísérlet leírása

Miután a kísérletek azt mutatták, hogy a permanganát oldat stabil a szabványban leírtak szerint két hétig, megvizsgáltam, hogy az oxálsav mikortól mutat stabil értékeket, valamint hány nap után tér el számottevően a megengedhető küszöbértéktől. Arra kerestem a választ, hogy a hígított oxálsav oldat valóban két hétig eltartható-e, és ezalatt a két hét alatt képes-e ugyanazt a minőségi állapotot fenntartani folyamatos használat mellett. Ezt napi szinten elvégzett párhuzamos KOI_{ps} mintasorokkal vizsgáltam titrátoros és kézi titrálós módszerrel is. A két módszer esetében az oxálsav hígítási aránya megegyező volt. Bár az MSZ EN ISO 8467 ISO 8467:1993 szabvány nem említi, hogy a Nátrium-oxalát-standardoldat felcserélhető oxálsav oldattal, a két szabvány közti összefüggésekből következtetve ezt a lépést tartottam indokoltnak a megfelelő összehasonlíthatóság elérése érdekében. A vizsgálat időtartamát egy hétre lebontva néztem, mert további tárolás a laboratóriumi vizsgálat szempontjából nem életszerű.

Miben befolyásolhatja?

A hosszabban tárolt oxálsav oldat véleményem szerint megnöveli a KOI_{ps} értéket.

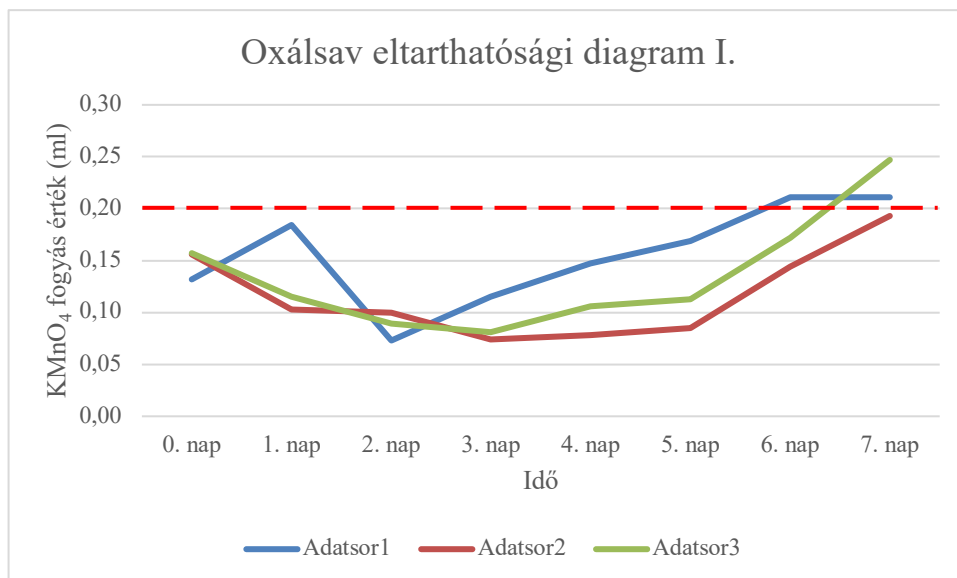
Miben befolyásolta?



10. diagram: Oxálsav eltarthatósági diagram¹¹

A szabvány ugyan két hét eltarthatóságot határoz meg, vizsgálataim során azonban azt tapasztaltam, hogy az egy hetes oxálsav már hibahatáron kívüli értékeket ad kézi titrálós módszer esetén, titrárotos módszernél azonban az egy hét nem hozott érdembeli értékváltozást. Ennek okát abban láttam, hogy kézi titrálós módszer esetén a vizsgálat során többször érintkezik az oxálsav légköri oxigénnel, mint a zárt rendszerű titrátorban tárolt oldat, ezért hamarabb beindulnak a kémiai reakciók. Ezen felül az idő előrehaladtával beindul az oxidáció és a titrálás során a permanganát oldattal kevesebb oxigén lép reakcióba, ezért több permanganátot tudok vissza titrálni, így megnő a permanganát fogyás értékem. Látható azonban, hogy a friss oxálsav oldat átlagos faktor értéke még nem volt ideális, ezért elkezdtem vizsgálni egy hét időintervallumban napokra lebontva az oldatot. Ennek eredménye a következőképp alakult:

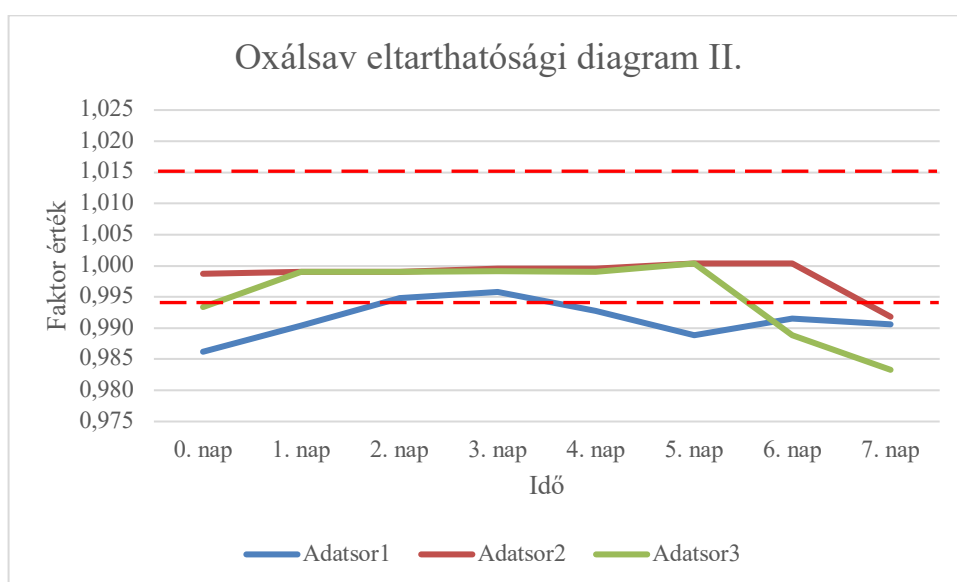
¹¹ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Oxálsav eltarthatósági táblázat



11. diagram: KMnO₄ fogyás átlag diagram.¹²

Az oxálsavas fogyás átlag diagramhoz tartozó szórás értékek			
	1. adatsor	2. adatsor	3. adatsor
0 nap	0,112	0,020	0,007
1 nap	0,015	0,009	0,008
2 nap	0,014	0,012	0,013
3 nap	0,015	0,007	0,011
4 nap	0,012	0,014	0,007
5 nap	0,014	0,007	0,007
6 nap	0,007	0,010	0,012
7 nap	0,019	0,007	0,045

13. Táblázat: KMnO₄ fogyás átlag diagramhoz tartozó szórás értékek



12. diagram: Oxálsavas faktor átlag diagram¹³

¹² Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Oxálsav eltarthatósági táblázat

¹³ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Oxálsav eltarthatósági táblázat

Az oxálsavas faktor átlag diagramhoz tartozó szórás értékek			
	1. adatsor	2. adatsor	3. adatsor
0 nap	0,017	0,001	0,001
1 nap	0,003	0,002	0,002
2 nap	0,004	0,002	0,001
3 nap	0,002	0,001	0,002
4 nap	0,002	0,001	0,001
5 nap	0,002	0,001	0,001
6 nap	0,002	0,001	0,002
7 nap	0,002	0,001	0,004

14. Táblázat: Oxálsavas faktor átlag diagramhoz tartozó szórás értékek

Ahogy a diagramokon is látszik, a faktor érték a 7. nap környékén kezd zuhanni, valamint a KMnO_4 fogyás érték is a 6.-7. nap környékén kezd emelkedni. A piros vonal jelzi a faktor fogyás esetében az ideális tartományt, KMnO_4 fogyás esetében pedig az ideális érték felső határát.

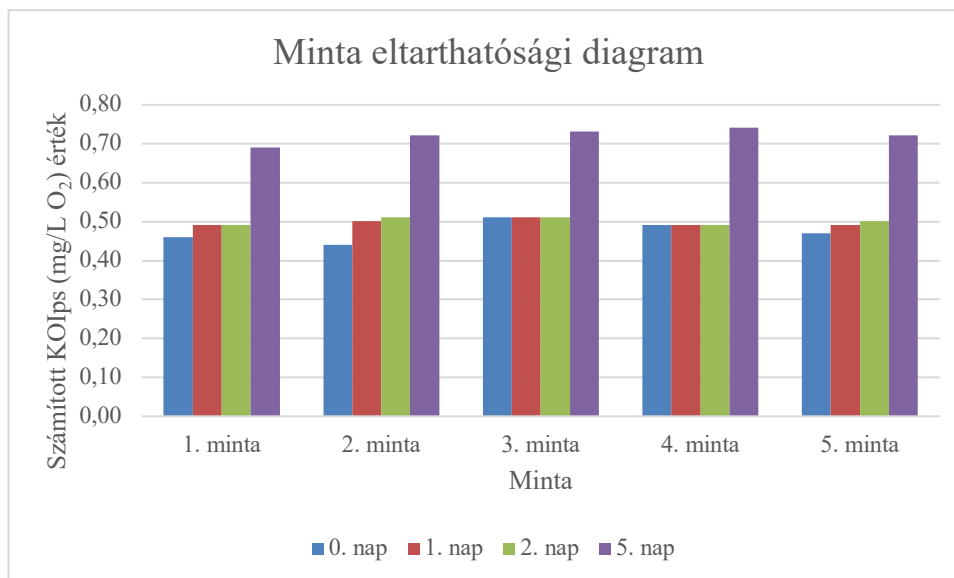
Mivel lehet kiküszöbölni?

Csökkenteni ugyan lehet körültekintéssel, a lehető legkevesebb levegővel való érintkezéssel való törekvéssel, vagy folyadékadagoló felszerelésével, de a legcélszerűbb a két hetes eltárolhatósági idő csökkentése legfeljebb egy hétre.

5.8. Minta eltarthatósága

Vizsgálat leírása

Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a minta meddig tárolható? Időmaximumnak az egy hetet választottam, mert feldolgozás szempontjából a későbbi időpont irreleváns. Kísérletem során vak mintával, titrátoros és kézi titrálós módszerrel vizsgáltam a mintaváltozást. A kísérletben két különböző mintatároló edénybe kimért 1000 ml térfogatú 0,5 mg/l-es oxálsav műoldatot vettem mintának. Az első esetben a mintát az MSZ EN ISO 8467:1998 szabványban leírt 5 ml térfogatú 7,5 mol/l-es kénsavval tartósítottam. A második esetben pedig tartósítószer nélküli mintát vizsgáltam. A vizsgálatokat a már korábban kikísérletezett ideális időintervallumban használható oldatokkal végeztem. A titrátoros szabvány esetében a viszonyítási pont az MSZ EN ISO 8467:1998 szabványban leírt 2 napos feldolgozási idő volt, míg a kézi titrálós módszer esetén az MSZ EN ISO 5667-3:2018 szabványban feltüntetett H_2SO_4 -el történő 2 napos tartósítási idő és feldolgozási idő volt az irányadó mérték.



13. diagram: Tartósítással és tartósítás nélküli eltarthatósági diagram¹⁴

Miben befolyásolhatja?

A tárolás során a mintában lévő szerves anyagok az aerob környezetnek köszönhetően bomlásnak indulhatnak. Ennek eredményeként a mérések magasabb KOI_{ps} értéket eredményezhetnek. Ezen felül a mintában lévő mikroorganizmusok továbbra is aktívak lehetnek. Ez a folyamat szintén a szerves anyagok mennyiségének növekedéséhez vezethet. Ezen kívül változik a minta kémhatása is, mely szintén változtat a KOI_{ps} értéken.

Miben befolyásolta?

Ahogy a 10. diagramon is látni, a minták KOI_{ps} értéke megnövekedett az idő előrehaladtával. A változás már az első napon bekövetkezett, és a növekedés folyamatosnak tekinthető. Próbálkoztam egy másik szabványban leírt tartósítási módszerrel (MSZ EN ISO 5667-3:2018), de nem okozott markáns változást sem a savanyítás, sem a sötét helyen tárolás. Ezt az alábbi táblázattal szemléltetem:

2 napos tárolt minta										
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)
Savanyítatlan	0,56	0,46	0,54	0,44	0,61	0,51	0,59	0,49	0,57	0,47
Savanyított	0,61	0,51	0,59	0,49	0,61	0,51	0,61	0,51	0,59	0,49

15. Táblázat: Eltarthatósági adattábla 2 napos tárolás esetén

¹⁴ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Minta eltarthatósági eredménytáblázat

5. napos tárolt minta										
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)	KMnO ₄ fogyás (ml)	Számított KOI _{ps} (mg/L O ₂)
Savanyítatlan	0,79	0,69	0,82	0,72	0,83	0,73	0,84	0,74	0,82	0,72
Savanyított	0,79	0,69	0,84	0,74	0,84	0,74	0,84	0,74	0,84	0,74

16. Táblázat: Eltarthatósági adattábla 5 napos tárolás esetén

Mivel lehet kiküszöbölni?

A szabványnak megfelelően a minta 24 órán belüli feldolgozásával kiküszöbölhető bármilyen változás.

5.9. Zavaró anyagok, mint befolyásoló tényező

A kémiai oxigénigényt döntően az aktív klór jelenléte, a klorid ion magas mennyiségi értéke, valamint az ivóvizekben előforduló oxidálható szerves anyagok, mint a vas, mangán, ammónia befolyásolják. Ezek közül a vonatkozó szabvány a klorid ionhoz rendel egyértelmű vizsgálati értéket. Az MSZ 448-20:1991 szabvány, valamint az MSZ EN ISO 8467:1998 szabvány is a 300 mg/L-nél kisebb kloridion-koncentrációjú mintákra alkalmazhatónak véli a vizsgálati módszereit.

Klorid-ion

Kísérlet leírása

A szabvány leírja, hogy a kénsavas közegben végzett meghatározást a klorid ionok zavarják, ezért 300 mg/l fölötti klorid ion koncentráció esetében más vizsgálati módszert kell alkalmazni. Arra keresem a választ, hogy mi történik 300 mg/L felett? Szeretném egyértelműsíteni ezt az értéket, és megvizsgálni, hogy melyik irányba változik a KOI érték. Ezért három különböző koncentrációjú Sósavból készített műoldatot vizsgáltam. Első esetben 200 mg/L, második esetben a határértéknek megfelelő 300 mg/L, harmadik esetben pedig 400 mg/L klorid-ion tartalmú műoldatot használtam. A műoldathoz az anyaglistában feltüntetett 32%-os sósav oldatot használtam.

Mivel a sósavból készített kloridos műoldat kémhatása meglehetősen savanyú volt (2-es pH-ja volt az oldatoknak) ezért, az MSZ 1484-15:2009-es szabványban leírtaknak megfelelően; erősen savas minta esetén 100 ml mintához kis részletekben nátrium-hidrogén-karbonátot

kellett adagolni. A pezsgés megszűnését követően még kb. 0,2 g-mal közömbösítettem a mintát. (Visszaellenőrzésem során a pH-ja 6 és 9 közé esett, amely a vizsgálat során elvárt kémhatás.)

A sósav koncentrációt az alábbi módon számítottam ki:

100 ml sósavban 32 gramm sósav van. A klorid moláris tömege 35,45 g/mol. Ha 200 mg/l-es sósav oldatot szeretnék készíteni, akkor 1 liter oldatban 0,2 gramm klorid ion van.

$$\text{Cl}^- (\text{ml}) = \frac{0,2 \frac{\text{g}}{\text{l}} * 1 \text{ l}}{0,32 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} \quad [12.]$$

$\text{Cl}^- = 0,625 \text{ ml}$ azaz $625 \mu\text{l}$ 32%-os sósav szükséges 1 liter 100 mg/l koncentrációjú klorid oldat készítéséhez.

A klorid oldat ellenőrzését az alábbi módon végeztem el:

Klorid vak minta fogyása: 250 ml-es erlenmeyer edénybe 100 ml desztillált vizet töltök, majd rámérek 2 ml 10%-s kálium-kromát oldatot. Ezt megtitrálok ezüst-nitrát (továbbiakban: AgNO_3) mérőoldattal, citromsárgából vörösesbarnába való átcsapásig. A kapott érték a vak minta fogyása.

Klorid faktor: 10 ml klorid standard-et belemérek egy 20 ml-es erlenmeyer lombikba. Erre rámérek 40 ml desztillált vizet, majd 2 ml 10%-os kálium-kromát oldatot. Ezt követően az oldatot megtitrálok AgNO_3 oldattal. Az elméleti fogyásnak 10,00 ml-nek kell lennie. Ezt osztom el a titráláskor kapott gyakorlati fogyással, és a kapott érték lesz a faktor érték. Színreakciója citromsárgából vörösesbarnába átfordulás.

A kapott értékeket az alábbi képletbe helyettesítve megkapom a minta klorid ion értékét ml-ben:

$$\text{Cl}^- (\text{ml}): (a - b) * f * \left(\frac{1000}{V_B}\right) \quad [13. \text{MSZ } 1484-15:2009]$$

ahol:

a: a vízmintára fogyott AgNO_3 mérőoldat ml-ben.

b: a vakpróbára fogyott AgNO_3 mérőoldat ml-ben.

f: AgNO_3 mérőoldat faktora.

V_B : bemért minta térfogata ml-ben.

Ennek megfelelően az alábbi értékeket kaptam a vizsgált koncentrációkra 100 ml minta esetén:

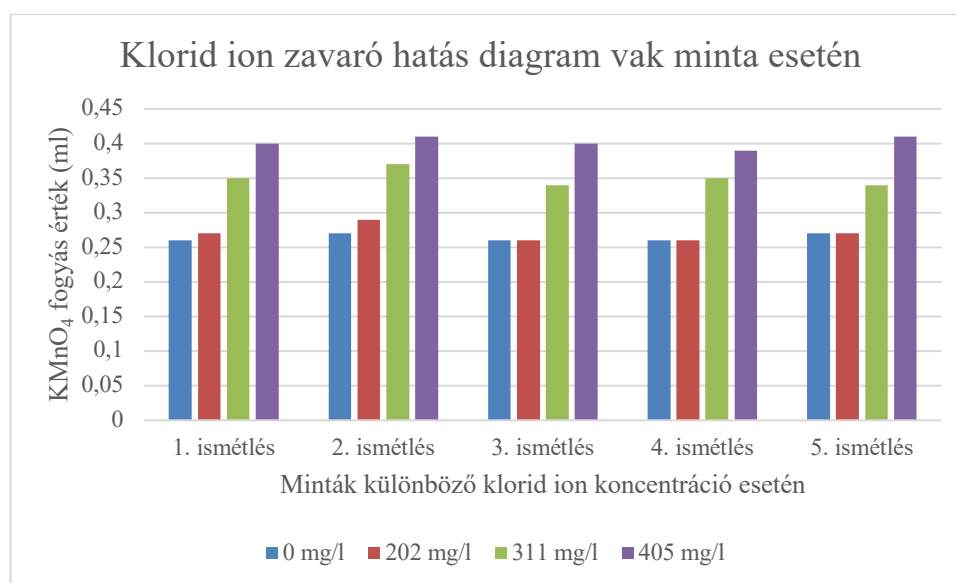
Tervezett töménység	AgNO ₃ fogyás érték d. vízre (ml)	AgNO ₃ fogyás érték mintára (ml)	AgNO ₃ faktor fogyás érték	AgNO ₃ faktor érték	Klorid érték (mg/l)
200 mg/l	0,21	20,95	10,25	0,9756	202
300 mg/l	0,22	32,05	10,24	0,9765	311
400 mg/l	0,21	41,75	10,25	0,9756	405

17. Táblázat: Klorid ion mennyiségi/minőségi ellenőrzés

Miben befolyásolhatja?

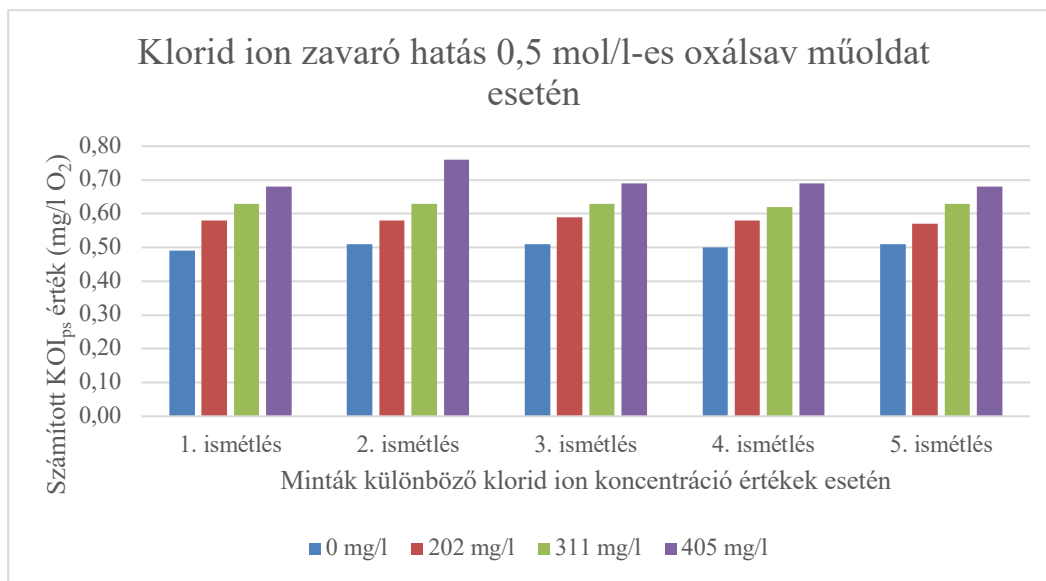
Az aktív klór jelenléte az oxigénigényt csökkenti. Ennek értelmében a KOI_{ps} csökkenni fog. A Klorid ionok viszont hozzájárulhatnak az oxidáló környezet kialakulásához, ami növelheti a szerves anyagok oxidációját és ezáltal a KOI_{ps} értékét. Például a klórozószerek oxidálhatják a szerves anyagokat. Ezen kívül a klorid ionok bizonyos körülmények között katalizáló hatást fejthetnek ki a szerves anyagok oxidációjára. Ez lehetővé teheti, hogy a szerves anyagok gyorsabban és hatékonyabban oxidálódjanak, ami szintén hasonló eredményt vált ki.

Miben befolyásolta?



14. diagram: Klorid ion diagram vak minta esetén¹⁵

¹⁵ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Klorid ion zavaró hatás meghatározás eredménytáblázat



15. diagram: Klorid ion diagram műoldat esetén¹⁶

Ahogy a 14. és 15. diagramokon is látni, mind vak minta esetén, mind pedig 0,5 mol/l-es oxálsav műoldat esetén a klorid ion koncentráció növekedésével nőtt a KOI_{ps} érték. Méréseim szerint már 200 mg/l koncentráció fölött is minimálisan megnövekedett, bár vak minta esetén ez nem volt számot tevő. 300 mg/l koncentráció esetében és afölött azonban a változás mértéke már számottevő.

Mivel lehet kiküszöbölni?

A bakteriológiai minták esetében az edényzetbe mintavétel előtt, Nátrium-tioszulfát oldatot adunk, mely megköti az aktív klórt. Egy ideális vegyszer megoldást jelenthet a Klorid koncentráció csökkentésére, ezek azonban általában változtathatnak más vizsgálati paramétereken. Éppen ezért a klorid monitorozása, valamint a küvetta-tesztes megoldás lehetőséget teremthet a probléma kiküszöbölésére.

Aktív klór

Az aktív klór eloxidálja a szerves anyagokat, ezért csökkenti a KOI_{ps} értéket, ennek kémiaiáját feleslegesnek tartottam vizsgálni. Kiküszöbölni a fentebb említett Nátrium-tioszulfát oldattal lehetséges, de az is csak bizonyos mértékben köti meg az aktív klórt, ezért a nagyon klóros mintát a gyakorlatban nem is tartjuk feldolgozásra alkalmasnak.

¹⁶ Diagramhoz tartozó adatok: Táblázatok jegyzéke: Klorid ion zavaró hatás meghatározás eredménytáblázat

6. Következtetések Javaslatok

Milyen eredményekre jutottam?

Kutatásom során arra a következtetésre jutottam, hogy a kémiai oxigénigény egy meglehetősen instabil és nehezen vizsgálható paraméter, mely esetében nagyon sok a befolyásoló tényező, és nagy fokú precizitást igényel attól, aki ezzel a területtel foglalkozik. A befolyásoló tényezők közül sikerült egyértelműsíteni a horzsakő mennyiségét, sikerült az eltarthatóságról tágabb képet alkotnom, valamint az összehasonlításokból sikerült kiderítenem melyik kiértékelési technológia a megbízhatóbb.

Mi az amiben eltérek?

Alapvetően a két vizsgált módszer legfontosabb eltérése, ami sok gondot okoz jelenleg a laboratóriumunknak a minimum érték vizsgálata, melyre a titrátor képes. Az ultra tisztaságú vizek esetében (hemodializáló berendezések) számunkra elengedhetetlen, hogy a vizsgálat a lehető legkisebb tartományt is képes legyen kimutatni, erre azonban a jelenlegi rendszerünk nem képes. Ezzel szemben a kézi titrálós módszer jól megválasztott paraméterekkel, megfelelő precizitással ezt a hiányt képes kiküszöbölni. Természetesen ahol nem várunk ilyen minimális eredményt (kutak, víztározók esetében) ott a rendszer tökéletesen megállja a helyét.

Melyik a leghatékonyabb módszer?

Úgy gondolom, hogy erre a kérdésre teljesen egyértelmű válasz nincs. Függ a felhasználási területtől, függ a lehetőségektől, az anyagiaktól, de, ha minden paramétert megvizsgálunk, és mérlegre tesszük a pozitívumokat illetve a negatívumokat, a leghatékonyabb módszernek a titrátoros módszert találtam, hiszen, bár hosszabb ideig tart a vizsgálat, és költségesebbnek tűnik, hosszú távon és mintaszámokban megtérül. Ezen felül az ember, aki a feladatot hajtáná végre felszabadul az automatizálás miatt a munkavégzés alól, másik területen, vagy másik paraméter vizsgálatával is foglalkozhat, valamint akár éjszaka is működhet a rendszer felügyelet nélkül, és ezalatt akár 100 mintát is feldolgozhat teljesen önállóan. Ezekkel a pozitívumokkal ellensúlyozza azokat a hátrányokat, amelyeket a kézi titrálós módszerrel szemben összeszed.

Mit lenne érdemes változtatni?

Úgy gondolom, hogy a szabványok pontosítása a kémia területén is napirendre kéne kerülnön. A legtöbb vonatkozó szabályozó 15-20 évvel ezelőtti tudásra alapozva készült és a technika

illetve a kémia fejlődése miatt, valamint a pontosítások és kutatások eredményeképpen időszerű lenne aktualizálni.

Mit lenne érdemes tovább vizsgálni?

Alapvetően az összes általam vizsgált pontot érdemes lenne mélyebben vizsgálni, mert bőven akadtak még kérdések, melyekre a terjedelem és az idő rövideége miatt csak érintőlegesen tudtam kitérni. Véleményem szerint érdemes lenne a szabvány minden pontját tovább vizsgálni és pontosítani. A kémiai oxigénigényt befolyásoló anyagok/vegyszerek hatásait, szintén további vizsgálatokra alkalmasnak érzem. Ezen felül úgy gondolom, hogy az ivóvíz vizsgálatok terén még nagyon sok olyan paraméter, olyan homályos folt található, melyet kiaknázatlannak érzek.

Ezen felül, ha a beszerzés, valamint a műszer sérülése nem hiúsította volna meg az aktívabb összehasonlítást, véleményem szerint bőven lett volna még tényező, melyet érdemes lett volna kutatni.

7. Összefoglalás

A KOI_{ps} egy olyan kémiai paraméter, melynek vizsgálatát számos olyan szabvány írja le, melyek több ponton kérdéseket vetettek fel bennem. A mai technológiai fejlődésnek köszönhetően az automatizáció térnyerése elősegíti az analitikai vizsgálatok fejlődését is, mely ezen paraméterre is kiterjed. E két vezérfonal mentén készült diplomadolgozatom, melynek témája a választott paramétert befolyásoló tényezők, illetve ezeken keresztül az ideális feldolgozási technika megtalálása volt.

Kísérleteimet a paraméter feldolgozásának időrendisége szerint végeztem, vizsgálataim a folyamat minden szakaszát érintették.

Az általam elvégzett vizsgálatokból megállapítottam, hogy az MSZ 448-20:1990 szabványban leírtak közül az oxálsav eltarthatósági ideje véleményem szerint rövidebb, mint két hét. Vizsgálataimból továbbá arra következtetek, hogy a késhegynyi horzsakő ideális tömege 0,05 g. Ezen felül a kálium-permanganát oldat ideális oxálsav oldat mellett két hétnél tovább is megfelelő értékeket mutat. A módszer legsebezhetőbb pontjának az oxálsavat találtam.

A szabványban leírt zavaró anyagok valóban befolyásolják a kémiai oxigénigény értéket. Mind az aktív klór, mind a klorid ion eltolja a KOI_{ps} értéket. Míg az aktív klór eloxidálja a szerves anyagokat és ezáltal csökkenti a KOI_{ps} értéket, addig a klorid ion növeli azt.

Arra a következtetésre jutottam továbbá, hogy a meghatározott forralási időn túl a minta érdemben nem változik, csak a térfogata csökken az oldatnak, véleményem szerint azért lett a 10 perc kiválasztva, mert efölött már felesleges a mintát forralni, mert a megfelelő kémiai reakciók ezidő alatt végbe mennek. Kevesebb idő azonban befolyásolta a KOI_{ps} értéket.

A minták eltarthatóságára érdemes odafigyelni, bár a savval történő tartósítást feleslegesnek tartottam, mert nem változott tőle érdemben a minta, az idő ezzel szemben lényegesen változtatott a vizsgált paraméteren.

Az MSZ EN ISO 8467:1993 szabványban leírtak ugyan nem említették, de kísérleteim azt bizonyították, hogy a nátrium-oxalát ezesetben is felcserélhető oxálsavval, az előző szabványban leírt hígítási mennyiség betartása mellett.

A két szabvány közti átjárhatóságnak köszönhetően lehetőségem nyílt két módszert kontrollpont segítségével összehasonlítani.

Diplomadolgozatomban az ideális KOI_{ps} kiértékelési módszert keresve, a lehetőségeimhez mérten arra a következtetésre jutottam, hogy annak függvényében, hogy milyen minőségi értékeket várunk, az általam vizsgált két módszer közül a legmegbízhatóbbnak a titrátoros módszer bizonyult.

Nem szabad ugyanakkor elmennem amellett a tény mellett, hogy munkám során alacsonyabb értékeket is vizsgálnom kell, mint amire az automata titrátor képes, ezesetben azonban kénytelen vagyok a kézi titrálásos módszert alkalmazni, mely kellő biztonsági intézkedések és kellő körütekintés mellett képes az ideális értéket prezentálni számomra.

8. Irodalomjegyzék

MSZ 260/16:1967 Szennyvizek vizsgálata. Oxigénfogyasztás (kémiai oxigénigény (KOI)) meghatározása

2000/60/EK irányelv, a Víz Keretirányelv (VKI)

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2020/2184 irányelve (2020. december 16.) az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről

5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
37/1996. (X. 18.) NM rendelet a közfürdők létesítésének és üzemeltetésének közegészségügyi feltételeiről

MSZ 1507:2002 - Hemodializáló folyadék és az előállításához felhasznált víz minőségéről szóló visszavont szabvány

MSZ 448-20:1990 - Ivóvízvizsgálat. A permanganátos kémiai oxigénigény meghatározása

MSZ EN ISO 8467:1998 - Vízminőség. A permanganátindex meghatározása (ISO 8467:1993)

MSZ 12750-21:1971 - Felszíni vizek vizsgálata. Oxigénfogyasztás, kémiai oxigénigény (KOI) meghatározása

MSZ EN ISO 5667-3:2018 - Vízminőség. Mintavétel 3. rész: A vízminták tartósítása és kezelése

MSZ 1484-15:2009 - Vízminőség. 15. rész A kloridtartalom meghatározása argentometriás titrálással

MSZ ISO 6060:1991 - A víz kémiai oxigénigényének meghatározása

510/2023. (XI. 20.) Korm. rendelet a közhasználatú fürdők létesítéséről és üzemeltetéséről

Dr. Gyulai István - Környezeti Informatika (2011) 82.

Moser Miklós, Pálmai György. *Környezetvédelem alapjai*. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. (2001)

D.G. Miller, S.V. Brayton, W.T. Boyles, Water Environ. Res. 73 (2001) 63-71.

W.A. Moore, R.C. Kroner, C.C. Ruchhoft, - Determination of Oxygen-Consumed Values of Organic Wastes 21 (1949) 953-957.

R.A. Dobbs, R.T. Williams, Anal. Chem. 35 - Elimination of Chloride Interference in the Chemical Oxygen Demand Test. (1963) 1064-1067.

E. Axen, G.M. Morrison, Intern. J. Environ. Anal. Chem. 59 (1995) 69-78.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, twentieth ed., American Public Health Association, Washington, DC, 2005.

Chengfang Li, Gongwu Song - Photocatalytic degradation of organic pollutants and detection of chemical oxygen demand by fluorescence methods - Sensors and Actuators B: Chemical Volume 137, Issue 2, 2 April 2009, 432-436.

M.J. Lovett, Gardner, J. Inst. Sew. Purif. (1935) 283.

S.P. Tsonis Department of Civil Engineering, University of Patras, GR-261 JO PaZraa, Greece - A modified method for the determination of chemical oxygen demand in sea water (1993) 724-729.

Ilkeyné Perlaki E. — Barabásné Serényi E.- A Horzsakő fogalma, szöveti jellege és genetikája (A M. Áll. Földtani Intézet évi jelentése az 1961. évről. I.) 535-546.

Víz, Gáz, Fűtéstechika és Hűtő, Klíma, Légtechnika szaklap - Cséki István - A csatornázás története 2001/9 lapszám (2009)

- https. 1: <https://www.nnk.gov.hu/index.php/kozegeeszsegugyi-laboratoriumi-foosztaly/kornyezetegeszsegugyi-laboratoriumi-osztaly/vizhigienes-laboratorium/ivoviz/ivovizben-vizsgalt-parameterek/1015-termeszetes-szerves-anyagok-koi>
- https. 2: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Mezopotámia>
- https. 3: https://hu.wikipedia.org/wiki/Szennyvizekben_levő_szerves_anyag_meghatározása
- https. 4: https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/K_KOI.pdf
- https. 5: <https://mantech-inc.com/analysis-systems/chemical-oxygen-demand/>
- https. 6: https://hu.hach.com/cms-portals/hach_hu/cms/documents/cuvette-catalogue.pdf
- https. 7: <https://www.chemicalaid.com/tools/equationbalancer.php?equation=MnO4%7B-%7D+%3D+MnO4%7B2-%7D+%2B+MnO2+%2B+O2&hl=en>

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek és konzulens tanáromnak Dr. habil. Horváth Márknak segítőkészségéért, iránymutatásáért és rugalmasságáért, melyek lehetővé tették diplomadolgozatom létrejöttét, és kritikus értékeléseivel emelte annak minőségét.

Köszönettel tartozom külső konzulensemnek Kárpáti Gábor biológus kollegámnak, aki szabadidejét művemnek áldozva végig kísérte, tanácsokkal látta el, felügyelte és támogatta annak elkészülési folyamatát.

Köszönet illeti Csegöldi Katát, valamint közvetlen kollegáimat, akik végtelen türelemmel viseltettek felém, legnehezebb időszakaim közepette is, és minden létező módon segítettek a diplomadolgozat létrejöttét.

Köszönet családomnak, gyermekeimnek, akik végig támogattak egyetemi tanulmányaim alatt.

Köszönetet szeretnék továbbá mondani Hegedűs Julianna százados Asszonynak, Wolf Veronika őrnagy Asszonynak, Petyus István alezredes Úrnak, akik különféle módon támogatták az elmúlt két évet.

Diplomadolgozatom a kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Tématerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg, a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ (KGEK) vezetésével.

Táblázatok jegyzéke

Minta eltarthatósági eredménytáblázat

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat (0 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,56	0,46	0,54	0,44	0,61	0,51	0,59	0,49	0,57	0,47
Vak: 0,25 Faktor: 8,09	0,80	0,55	0,54	0,51	0,54	0,51	0,54	0,49	0,54	0,54

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat tartósított (0 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,59	0,49	0,61	0,51	0,61	0,51	0,59	0,49	0,60	0,50

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat (1 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,59	0,49	0,60	0,50	0,61	0,51	0,59	0,49	0,59	0,49
Vak: 0,25 Faktor: 8,09	0,80	0,54	0,80	0,54	0,80	0,54	0,80	0,54	0,81	0,55

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat tartósított (1 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,60	0,50	0,61	0,51	0,62	0,52	0,60	0,50	0,62	0,52

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat (2 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,59	0,49	0,61	0,51	0,61	0,51	0,59	0,49	0,60	0,50
Vak: 0,25 Faktor: 8,09	0,75	0,49	0,78	0,52	0,81	0,55	0,77	0,51	0,78	0,52

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat tartósított (2 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,64	0,54	0,65	0,55	0,61	0,51	0,63	0,53	0,64	0,54

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat (5 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,79	0,69	0,82	0,72	0,83	0,73	0,84	0,74	0,82	0,72

	0,5 mol/l-es oxálsav műoldat tartósított (5 napos)									
	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
Vak: 0,10 Faktor: 7,99	0,80	0,70	0,80	0,70	0,82	0,72	0,82	0,72	0,82	0,72

Edényzet tárolási módszerei eredménytáblázat

Módszer	1. minta		2. minta		3. minta		4. minta		5. minta	
	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás
1. módszer	0,33	8,11	0,27	8,15	0,37	8,13	0,36	8,14	0,29	8,14
2. módszer	0,08	7,99	0,08	7,99	0,10	8,00	0,07	8,00	0,08	8,00
3. módszer	0,21	8,12	0,24	8,11	0,21	8,10	0,22	8,12	0,21	8,11

Horzsakő mennyiségi eredménytáblázat

1. adatsor																				
Horzsakő mennyisége (g)	Minta 1.		Minta 2.		Minta 3.		Minta 4.		Minta 5.		Minta 6.		Minta 7.		Minta 8.		Minta 9.		Minta 10.	
	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás
0,05 g	0,13	8,00	0,06	8,02	0,12	8,01	0,12	8,03	0,11	7,99	0,11	8,00	0,08	8,02	0,12	7,99	0,10	8,02	0,12	8,00
Tényleges tömeg (g)	0,0509		0,0510		0,0511		0,0506		0,0504		0,0504		0,0511		0,0512		0,0509		0,0503	
Faktor	1,0000		0,9975		0,9988		0,9963		1,0013		1,0000		0,9975		1,0013		0,9975		1,0000	
0,1 g	0,16	8,01	0,16	8,01	0,15	8,01	0,15	8,02	0,16	8,00	0,17	8,01	0,15	8,01	0,14	8,01	0,17	8,02	0,15	8,00
Tényleges tömeg (g)	0,1000		0,1002		0,1002		0,1001		0,1002		0,1001		0,1003		0,1000		0,1002		0,1002	
Faktor	0,9988		0,9988		0,9988		0,9975		1,0000		0,9988		0,9988		0,9988		0,9975		1,0000	
0,2 g	0,21	8,00	0,21	8,00	0,22	8,00	0,20	8,01	0,21	8,02	0,21	8,00	0,20	8,01	0,22	8,00	0,21	8,01	0,21	8,02
Tényleges tömeg (g)	0,2001		0,2000		0,2001		0,2002		0,2000		0,2002		0,2000		0,2000		0,2000		0,2001	
Faktor	1,0000		1,0000		1,0000		0,9988		0,9975		1,0000		0,9988		1,0000		0,9988		0,9975	
0,25 g	0,28	8,00	0,26	8,00	0,26	8,00	0,25	8,01	0,28	8,02	0,26	8,00	0,28	8,01	0,26	8,00	0,26	8,01	0,25	8,02
Tényleges tömeg (g)	0,2500		0,2500		0,2505		0,2501		0,2500		0,2502		0,2500		0,2500		0,2500		0,2502	
Faktor	1,0000		1,0000		1,0000		0,9988		0,9975		1,0000		0,9988		1,0000		0,9988		0,9975	
0,5 g	0,52	7,99	0,47	8,01	0,47	8,03	0,44	8,00	0,51	8,01	0,52	8,01	0,50	8,02	0,47	8,01	0,48	7,99	0,50	8,00
Tényleges tömeg (g)	0,5008		0,5010		0,5009		0,5004		0,5004		0,5007		0,5008		0,5007		0,5005		0,5004	
Faktor	1,0013		0,9988		0,9963		1,0000		0,9988		0,9988		0,9975		0,9988		1,0013		1,0000	

2. adatsor																				
Horzsakő mennyisége (g)	Minta 1.		Minta 2.		Minta 3.		Minta 4.		Minta 5.		Minta 6.		Minta 7.		Minta 8.		Minta 9.		Minta 10.	
	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás
0,05 g	0,09	8,01	0,08	8,01	0,11	8,01	0,10	8,02	0,09	8,00	0,10	8,01	0,10	80,10	0,09	8,02	0,10	8,01	0,11	8,00
Tényleges tömeg (g)	0,0502		0,0502		0,0506		0,0504		0,0502		0,0502		0,0508		0,0503		0,0503		0,0505	
Faktor	0,9988		0,9988		0,9988		0,9975		1,0000		0,9988		0,0999		0,9975		0,9988		1,0000	
0,1 g	0,17	8,01	0,05	8,01	0,17	8,01	0,17	8,02	0,16	8,00	0,16	8,01	0,15	8,01	0,18	8,01	0,16	8,02	0,16	8,00
Tényleges tömeg (g)	0,1001		0,1001		0,1001		0,1000		0,1000		0,1001		0,1000		0,1001		0,1001		0,1000	
Faktor	0,9988		0,9988		0,9988		0,9975		1,0000		0,9988		0,9988		0,9988		0,9975		1,0000	
0,2 g	0,23	8,01	0,21	8,00	0,21	8,01	0,21	8,02	0,21	8,01	0,22	8,01	0,21	8,00	0,23	8,01	0,20	8,00	0,20	8,01
Tényleges tömeg (g)	0,2000		0,2002		0,2001		0,2001		0,2000		0,2001		0,2000		0,2002		0,2002		0,2001	
Faktor	0,9988		1,0000		0,9988		0,9975		0,9988		0,9988		1,0000		0,9988		1,0000		0,9988	
0,25 g	0,31	8,01	0,31	8,01	0,32	8,02	0,34	8,01	0,29	8,01	0,31	8,01	0,30	8,00	0,31	8,01	0,32	8,02	0,31	8,03
Tényleges tömeg (g)	0,2502		0,2502		0,2501		0,2501		0,2500		0,2500		0,2500		0,2500		0,2501		0,2502	
Faktor	0,9988		0,9988		0,9975		0,9988		0,9988		0,9988		1,0000		0,9988		0,9975		0,9963	
0,5 g	0,48	8,01	0,46	8,00	0,46	8,01	0,47	8,01	0,48	8,00	0,50	8,01	0,48	8,01	0,49	8,03	0,50	8,00	0,49	8,01
Tényleges tömeg (g)	0,5003		0,5005		0,5002		0,5003		0,5004		0,5002		0,5003		0,5000		0,5001		0,5002	
Faktor	0,9988		1,0000		0,9988		0,9988		1,0000		0,9988		0,9988		0,9963		1,0000		0,9988	

3. adatsor																				
Horzsakő mennyisége (g)	Minta 1.		Minta 2.		Minta 3.		Minta 4.		Minta 5.		Minta 6.		Minta 7.		Minta 8.		Minta 9.		Minta 10.	
	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás
0,05 g	0,10	8,01	0,11	8,01	0,11	8,00	0,09	8,00	0,08	8,01	0,10	8,00	0,11	8,00	0,10	8,00	0,11	8,01	0,11	8,00
Tényleges tömeg (g)	0,0501		0,0501		0,0502		0,0501		0,0502		0,0502		0,0502		0,0502		0,0501		0,0503	
Faktor	0,9988		0,9988		1,0000		1,0000		0,9988		1,0000		1,0000		1,0000		0,9988		1,0000	
0,1 g	0,15	8,01	0,15	8,00	0,17	8,01	0,14	8,00	0,15	8,01	0,15	8,01	0,16	8,01	0,16	8,01	0,16	8,00	0,17	8,00
Tényleges tömeg (g)	0,1001		0,1001		0,1000		0,1001		0,1001		0,1001		0,1005		0,1002		0,1002		0,1001	
Faktor	0,9988		1,0000		0,9988		1,0000		0,9988		0,9988		0,9988		0,9988		1,0000		1,0000	
0,2 g	0,25	8,00	0,24	8,04	0,21	8,00	0,23	8,01	0,20	8,00	0,21	8,03	0,22	8,01	0,21	8,00	0,20	8,03	0,21	8,02
Tényleges tömeg (g)	0,2002		0,2001		0,2002		0,2003		0,2000		0,2002		0,2005		0,2000		0,2001		0,2002	
Faktor	1,0000		0,9950		1,0000		0,9988		1,0000		0,9963		0,9988		1,0000		0,9963		0,9975	
0,25 g	0,31	8,01	0,29	8,00	0,34	8,03	0,32	8,01	0,30	8,01	0,31	8,00	0,31	8,01	0,30	8,04	0,31	8,01	0,31	8,01
Tényleges tömeg (g)	0,2501		0,2505		0,2505		0,2503		0,2500		0,2502		0,2504		0,2500		0,2503		0,2501	
Faktor	0,9988		1,0000		0,9963		0,9988		0,9988		1,0000		0,9988		0,9950		0,9988		0,9988	
0,5 g	0,57	8,03	0,52	8,02	0,47	8,03	0,54	8,01	0,51	8,01	0,50	8,02	0,50	8,02	0,49	8,03	0,51	8,01	0,52	8,01
Tényleges tömeg (g)	0,5002		0,5001		0,5002		0,5004		0,5005		0,5003		0,5003		0,5006		0,5002		0,5005	
Faktor	0,9963		0,9975		0,9963		0,9988		0,9988		0,9975		0,9975		0,9963		0,9988		0,9988	

Forralási idő eredménytáblázat

Vak minta normál forrás esetén										
Forralási idő	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás	KMnO ₄ fogyás	Faktor fogyás
5 perc	0,04	7,96	0,05	7,99	0,04	8,00	0,04	8,00	0,04	8,00
9 perc	0,06	7,99	0,06	8,00	0,06	8,00	0,06	8,00	0,06	8,00
10 perc	0,10	7,99	0,10	8,00	0,10	8,01	0,10	7,99	0,11	8,00
11 perc	0,11	7,99	0,11	8,00	0,10	8,00	0,11	7,99	0,11	7,99
15 perc	0,11	7,99	0,11	8,00	0,11	8,01	0,11	7,99	0,11	8,00

0,7 mol/l-es oxálsav műoldat 1. adatsor										
Forralási idő	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
5 perc	0,71	0,61	0,78	0,68	0,78	0,68	0,77	0,67	0,78	0,68
10 perc	0,79	0,69	0,82	0,72	0,83	0,73	0,84	0,74	0,82	0,72
15 perc	0,79	0,69	0,84	0,74	0,84	0,74	0,84	0,74	0,84	0,74

0,5 mol/l-es oxálsav műoldat 2. adatsor										
Forralási idő	Minta 1		Minta 2		Minta 3		Minta 4		Minta 5	
	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
5 perc	0,50	0,40	0,51	0,41	0,52	0,42	0,50	0,40	0,52	0,42
10 perc	0,56	0,46	0,54	0,44	0,61	0,51	0,59	0,49	0,57	0,47
15 perc	0,61	0,51	0,59	0,49	0,61	0,51	0,61	0,51	0,59	0,49

Kálium-permanganát eltarthatósági vizsgálat eredménytáblázat

1. tömény oldat

Tömény oldat: 2023.08.25.

Hígított oldat: 2023.09.04.

0. adatsor										
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10
Friss KMnO ₄ fogyás	0,95	0,94	0,88	0,72	0,68	0,80	0,74	0,83	0,68	0,71
Friss Faktor fogyás	8,62	8,62	8,61	8,49	8,58	8,61	8,50	8,47	8,46	8,56
Friss Faktor számított	0,928	0,928	0,929	0,942	0,932	0,929	0,941	0,945	0,946	0,935
1 napos KMnO ₄ fogyás	0,55	0,56	0,30	0,35	0,34	0,37	0,33	0,28	0,31	0,31
1 napos faktor fogyás	8,20	8,21	8,21	8,20	8,23	8,20	8,20	8,21	8,22	8,22
1 napos faktor számított	0,976	0,974	0,974	0,976	0,972	0,976	0,976	0,974	0,973	0,973
2 napos KMnO ₄ fogyás	0,25	0,23	0,15	0,24	0,31*	0,27*	0,36*	0,29*	0,34*	-
2 napos faktor fogyás	8,09	8,07	8,10	8,17*	8,23*	8,21*	8,18*	-	-	-
2 napos faktor számított	0,989	0,991	0,988	0,979	0,972	0,974	0,978	Elfogyott az oldat		

*Az oxálsav elfogyott, így egy egynapos oxálsavval kellett folytatnom a vizsgálatot, mely során arra a következtetésre jutottam, hogy az oxálsav minősége is befolyásolja a KOI-t. Sajnos idő közben a permanganát oldat is elfogyott, így hétfőn nagyobb mennyiséggel kezdem újra a kísérletet, de ami az első heti kísérletből is körvonalazódik, hogy a kálium-permanganát és oxálsav pihentetés után jobb eredményt ad, mint frissen.

1. adatsor											
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Átlag
Friss KMnO ₄ fogyás	0,33	0,10	0,06	0,35	0,06	0,09	0,05	0,10	0,12	0,06	0,13
Friss Faktor fogyás	8,20	8,27	7,98	7,99	8,22	8,04	8,25	8,27	7,91	8,01	8,11
Friss Faktor számított	0,976	0,967	1,003	1,001	0,973	0,995	0,970	0,967	1,011	0,999	0,986
1 napos KMnO ₄ fogyás	0,20	0,20	0,17	0,17	0,19	0,20	0,20	0,19	0,18	0,16	0,18
1 napos faktor fogyás	8,11	8,06	8,10	8,07	8,10	8,05	8,09	8,06	8,09	8,06	8,08
1 napos faktor számított	0,986	0,993	0,988	0,991	0,988	0,994	0,989	0,993	0,989	0,993	0,990

1. adatsor											
2 napos KMnO ₄ fogyás	0,08	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08	0,05	0,09	0,06	0,08	0,07
2 napos faktor fogyás	7,98	8,00	8,03	8,06	8,02	8,06	8,07	8,06	8,10	8,06	8,04
2 napos faktor számított	1,003	1,000	0,996	0,993	0,998	0,993	0,991	0,993	0,988	0,993	0,995
1 hetes KMnO ₄ fogyás	0,12	0,12	0,10	0,11	0,12	0,10	0,11	0,14	0,12	0,10	0,11
1 hetes faktor fogyás	7,99	7,96	8,00	7,98	7,99	8,02	8,00	7,98	7,99	8,00	7,99
1 hetes faktor számított	1,001	1,005	1,000	1,003	1,001	0,998	1,000	1,003	1,001	1,000	1,001
2 hetes KMnO ₄ fogyás	0,11	0,10	0,12	0,06	0,09	0,06	0,10	0,11	0,09	0,08	0,09
2 hetes faktor fogyás	8,00	8,02	8,03	7,98	8,04	8,01	8,01	8,02	8,00	7,99	8,01
2 hetes faktor számított	1,000	0,998	0,996	1,003	0,995	0,999	0,999	0,998	1,000	1,001	0,999

Tömény oldat: 2023.08.25.

Hígított oldat: 2023.09.11.

2. adatsor											
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Átlag
Friss KMnO ₄ fogyás	0,48	0,41	0,50	0,52	0,42	0,41	0,55	0,34	0,45	0,46	0,45
Friss Faktor fogyás	8,22	8,24	8,13	8,22	8,14	8,20	8,15	8,14	8,14	8,10	8,17
Friss Faktor számított	0,973	0,971	0,984	0,973	0,983	0,976	0,982	0,983	0,983	0,988	0,980
1 napos KMnO ₄ fogyás	0,33	0,27	0,37	0,36	0,29	0,39	0,28	0,28	0,28	0,38	0,32
1 napos faktor fogyás	8,11	8,15	8,1	8,06	8,09	8,09	8,11	8,13	8,09	8,06	8,10
1 napos faktor számított	0,986	0,982	0,988	0,993	0,989	0,989	0,986	0,984	0,989	0,993	0,988
2 napos KMnO ₄ fogyás	0,08	0,10	0,08	0,08	0,06	0,10	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08
2 napos faktor fogyás	8,00	7,98	7,96	7,97	8,00	7,97	7,97	7,98	8,00	7,98	7,98
2 napos faktor számított	1,000	1,003	1,005	1,004	1,000	1,004	1,004	1,003	1,000	1,003	1,003
1 hetes KMnO ₄ fogyás	0,19	0,20	0,20	0,17	0,17	0,19	0,20	0,20	0,18	0,16	0,19
1 hetes faktor fogyás	8,06	8,06	8,06	8,06	8,07	8,11	8,05	8,09	8,09	8,06	8,07
1 hetes faktor számított	0,993	0,993	0,993	0,993	0,991	0,986	0,994	0,989	0,989	0,993	0,991

2. adatsor											
2 hetes KMnO_4 fogyás	0,41*	0,30*	0,32*	0,33*	0,32*	0,33*	0,34*	0,31*	0,30*	0,28*	0,32
2 hetes faktor fogyás	8,11	8,10	8,14	8,17	8,11	8,13	8,15	8,19	8,12	8,14	8,14
2 hetes faktor számított	0,986	0,988	0,983	0,979	0,986	0,984	0,982	0,977	0,985	0,983	0,983

*Az eredmények függvényében arra a következtetésre jutottam, hogy az oxálsav, vagy a permanganát eltarthatósága, illetve ideális felhasználhatósági időintervalluma 2 nap és 1 hét közötti. Ezért komponensenként kezdtem vizsgálni a folyamatot.

Az első paraméter, oldat, melyet 2 és 7 nap között tartottam, a permanganát volt, melynek eredményeképp az alábbi értékeket kaptam:

2. tömény oldat

Tömény oldat: 2023.09.22.

Hígított oldat: 2023.09.25.

3. adatsor											
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Átlag
Friss KMnO_4 fogyás	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,07	0,10	0,11	0,08	0,09	0,09
Friss Faktor fogyás	7,99	8,00	8,01	7,99	8,00	8,00	7,99	7,99	8,00	8,01	8,00
Friss Faktor számított	1,001	1,000	0,999	1,001	1,000	1,000	1,001	1,001	1,000	0,999	1,000
1 napos KMnO_4 fogyás	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
1 napos faktor fogyás	8,00	8,02	8,00	8,00	8,01	8,00	8,01	8,00	8,01	8,00	8,01
1 napos faktor számított	1,000	0,998	1,000	1,000	0,999	1,000	0,999	1,000	0,999	1,000	0,999
2 napos KMnO_4 fogyás	0,09	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09
2 napos faktor fogyás	8,03	8,02	8,02	8,02	8,01	8,02	8,01	8,02	8,01	8,02	8,02
2 napos faktor számított	0,996	0,998	0,998	0,998	0,999	0,998	0,999	0,998	0,999	0,998	0,998
1 hetes KMnO_4 fogyás	0,16	0,17	0,16	0,15	0,19	0,15	0,16	0,18	0,16	0,17	0,17
1 hetes faktor fogyás	8,09	8,08	8,07	8,08	8,08	8,09	8,07	8,09	8,08	8,09	8,08
1 hetes faktor számított	0,989	0,990	0,991	0,990	0,990	0,989	0,991	0,989	0,990	0,989	0,990

3. adatsor											
2 hetes KMnO_4 fogyás	0,14	0,16	0,15	0,16	0,16	0,14	0,17	0,14	0,15	0,16	0,15
2 hetes faktor fogyás	8,08	8,09	8,09	8,08	8,09	8,08	8,08	8,07	8,09	8,08	8,08
2 hetes faktor számított	0,990	0,989	0,989	0,990	0,989	0,990	0,990	0,991	0,989	0,990	0,990

Tömény oldat: 2023.09.22.

Hígított oldat: 2023.10.02.

4. adatsor											
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Átlag
Friss KMnO_4 fogyás	0,12	0,11	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12
Friss Faktor fogyás	7,99	8,00	8,01	7,99	7,99	8,00	8,02	8,01	7,99	8,00	8,00
Friss Faktor számított	1,001	1,000	0,999	1,001	1,001	1,000	0,998	0,999	1,001	1,000	1,000
1 napos KMnO_4 fogyás	0,13	0,10	0,11	0,12	0,10	0,11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12
1 napos faktor fogyás	7,99	8,00	8,00	8,01	8,00	8,00	7,99	8,00	8,00	8,01	8,00
1 napos faktor számított	1,001	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,001	1,000	1,000	0,999	1,000
2 napos KMnO_4 fogyás	0,14	0,13	0,13	0,14	0,12	0,15	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14
2 napos faktor fogyás	8,02	8,02	8,01	8,03	8,02	8,02	8,01	8,03	8,02	8,01	8,02
2 napos faktor számított	1,001	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,001	1,000	1,000	0,999	1,000
1 hetes KMnO_4 fogyás	0,20	0,20	0,17	0,17	0,19	0,20	0,20	0,19	0,17	0,18	0,19
1 hetes faktor fogyás	8,06	8,06	8,06	8,07	8,10	8,05	8,09	8,09	8,06	8,07	8,07
1 hetes faktor számított	0,993	0,993	0,993	0,991	0,988	0,994	0,989	0,989	0,993	0,991	0,991
2 hetes KMnO_4 fogyás	0,13	0,15	0,14	0,15	0,14	0,16	0,18	0,16	0,17	0,16	0,15
2 hetes faktor fogyás	8,09	8,12	8,09	8,10	8,10	8,09	8,11	8,12	8,10	8,14	8,11
2 hetes faktor számított	0,989	0,985	0,989	0,988	0,988	0,989	0,986	0,985	0,988	0,983	0,987

Következtetésekképp, a permanganát oldat két hétig is eltárolható.

Oxálsav eltarthatósági eredménytáblázat

Oxálsav készítési ideje: 2024.03.01.

1. adatsor											
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Átlag
Friss KMnO_4 fogyás	0,33	0,10	0,06	0,35	0,06	0,09	0,05	0,10	0,12	0,06	0,13
Friss Faktor fogyás	8,20	8,27	7,98	7,99	8,22	8,04	8,25	8,27	7,91	8,01	8,11
Friss Faktor számított	0,976	0,967	1,003	1,001	0,973	0,995	0,97	0,967	1,011	0,999	0,986
1 napos KMnO_4 fogyás	0,20	0,20	0,17	0,17	0,19	0,20	0,20	0,19	0,18	0,16	0,18
1 napos faktor fogyás	8,11	8,06	8,10	8,07	8,10	8,05	8,09	8,06	8,09	8,06	8,08
1 napos faktor számított	0,986	0,993	0,988	0,991	0,988	0,994	0,989	0,993	0,989	0,993	0,990
2 napos KMnO_4 fogyás	0,08	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08	0,05	0,09	0,06	0,08	0,07
2 napos faktor fogyás	7,98	8,00	8,03	8,06	8,02	8,06	8,07	8,06	8,10	8,06	8,05
2 napos faktor számított	1,003	1,000	0,996	0,993	0,998	0,993	0,991	0,993	0,988	0,993	0,995
3 napos KMnO_4 fogyás	0,11	0,12	0,12	0,10	0,11	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12
3 napos faktor fogyás	8,03	8,03	8,02	8,06	8,06	8,04	8,04	8,02	8,03	8,02	8,04
3 napos faktor számított	0,996	0,996	0,998	0,993	0,993	0,995	0,995	0,998	0,996	0,998	0,996
4 napos KMnO_4 fogyás	0,16	0,14	0,14	0,15	0,13	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15
4 napos faktor fogyás	8,05	8,06	8,05	8,07	8,09	8,05	8,05	8,06	8,06	8,06	8,06
4 napos faktor számított	0,994	0,993	0,994	0,991	0,989	0,994	0,994	0,993	0,993	0,993	0,993
5 napos KMnO_4 fogyás	0,19	0,18	0,16	0,16	0,16	0,18	0,19	0,15	0,16	0,16	0,17
5 napos faktor fogyás	8,05	8,09	8,11	8,10	8,09	8,07	8,11	8,09	8,09	8,10	8,09
5 napos faktor számított	0,994	0,989	0,986	0,988	0,989	0,991	0,986	0,989	0,989	0,988	0,989

1. adatsor											
6 napos KMnO ₄ fogyás	0,21	0,22	0,21	0,2	0,21	0,22	0,2	0,21	0,21	0,22	0,21
6 napos faktor fogyás	8,08	8,06	8,05	8,06	8,08	8,1	8,08	8,07	8,06	8,06	8,07
6 napos faktor számított	0,990	0,993	0,994	0,993	0,990	0,988	0,990	0,991	0,993	0,993	0,992
1 hetes KMnO ₄ fogyás	0,20	0,19	0,22	0,24	0,20	0,21	0,18	0,22	0,22	0,23	0,21
1 hetes faktor fogyás	8,08	8,09	8,11	8,08	8,07	8,08	8,08	8,05	8,06	8,06	8,08
1 hetes faktor számított	0,990	0,989	0,986	0,990	0,991	0,990	0,990	0,994	0,993	0,993	0,991

Oxálsav készítési ideje: 2024.03.07.

2. adatsor											
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Átlag
Friss KMnO ₄ fogyás	0,33	0,10	0,06	0,35	0,06	0,09	0,05	0,10	0,12	0,06	0,13
Friss Faktor fogyás	8,20	8,27	7,98	7,99	8,22	8,04	8,25	8,27	7,91	8,01	8,11
Friss Faktor számított	0,976	0,967	1,003	1,001	0,973	0,995	0,97	0,967	1,011	0,999	0,986
1 napos KMnO ₄ fogyás	0,20	0,20	0,17	0,17	0,19	0,20	0,20	0,19	0,18	0,16	0,18
1 napos faktor fogyás	8,11	8,06	8,10	8,07	8,10	8,05	8,09	8,06	8,09	8,06	8,08
1 napos faktor számított	0,986	0,993	0,988	0,991	0,988	0,994	0,989	0,993	0,989	0,993	0,990
2 napos KMnO ₄ fogyás	0,08	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08	0,05	0,09	0,06	0,08	0,07
2 napos faktor fogyás	7,98	8,00	8,03	8,06	8,02	8,06	8,07	8,06	8,10	8,06	8,05
2 napos faktor számított	1,003	1,000	0,996	0,993	0,998	0,993	0,991	0,993	0,988	0,993	0,995
3 napos KMnO ₄ fogyás	0,11	0,12	0,12	0,10	0,11	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12
3 napos faktor fogyás	8,03	8,03	8,02	8,06	8,06	8,04	8,04	8,02	8,03	8,02	8,04
3 napos faktor számított	0,996	0,996	0,998	0,993	0,993	0,995	0,995	0,998	0,996	0,998	0,996

2. adatsor											
4 napos KMnO ₄ fogyás	0,16	0,14	0,14	0,15	0,13	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15
4 napos faktor fogyás	8,05	8,06	8,05	8,07	8,09	8,05	8,05	8,06	8,06	8,06	8,06
4 napos faktor számított	0,994	0,993	0,994	0,991	0,989	0,994	0,994	0,993	0,993	0,993	0,993
5 napos KMnO ₄ fogyás	0,19	0,18	0,16	0,16	0,16	0,18	0,19	0,15	0,16	0,16	0,17
5 napos faktor fogyás	8,05	8,09	8,11	8,10	8,09	8,07	8,11	8,09	8,09	8,10	8,09
5 napos faktor számított	0,994	0,989	0,986	0,988	0,989	0,991	0,986	0,989	0,989	0,988	0,989
6 napos KMnO ₄ fogyás	0,21	0,22	0,21	0,2	0,21	0,22	0,2	0,21	0,21	0,22	0,21
6 napos faktor fogyás	8,08	8,06	8,05	8,06	8,08	8,1	8,08	8,07	8,06	8,06	8,07
6 napos faktor számított	0,990	0,993	0,994	0,993	0,990	0,988	0,990	0,991	0,993	0,993	0,992
1 hetes KMnO ₄ fogyás	0,20	0,19	0,22	0,24	0,20	0,21	0,18	0,22	0,22	0,23	0,21
1 hetes faktor fogyás	8,08	8,09	8,11	8,08	8,07	8,08	8,08	8,05	8,06	8,06	8,08
1 hetes faktor számított	0,990	0,989	0,986	0,990	0,991	0,990	0,990	0,994	0,993	0,993	0,991

Oxálsav készítési ideje: 2024.03.14.

3. adatsor											
Időtartam	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Átlag
Friss KMnO ₄ fogyás	0,16	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15	0,16	0,17	0,15	0,16
Friss Faktor fogyás	8,06	8,05	8,03	8,05	8,06	8,06	8,06	8,05	8,06	8,05	8,05
Friss Faktor számított	0,993	0,994	0,996	0,994	0,993	0,993	0,993	0,994	0,993	0,994	0,993
1 napos KMnO ₄ fogyás	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12
1 napos faktor fogyás	8,00	8,02	8,01	8,03	7,99	8,00	8,02	7,99	8,02	8,00	8,01
1 napos faktor számított	1,000	0,998	0,999	0,996	1,001	1,000	0,998	1,001	0,998	1,000	0,999

3. adatsor											
2 napos KMnO ₄ fogyás	0,09	0,06	0,10	0,09	0,08	0,10	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09
2 napos faktor fogyás	8,00	8,02	8,01	8,03	7,99	8,00	8,02	7,99	8,02	8,00	8,01
2 napos faktor számított	1,000	0,998	0,999	0,996	1,001	1,000	0,998	1,001	0,998	1,000	0,999
3 napos KMnO ₄ fogyás	0,09	0,08	0,09	0,09	0,07	0,09	0,06	0,07	0,09	0,08	0,08
3 napos faktor fogyás	8,01	8,00	8,00	8,00	8,01	8,01	8,00	8,02	8,02	8,00	8,01
3 napos faktor számított	0,999	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	1,000	0,998	0,998	1,000	0,999
4 napos KMnO ₄ fogyás	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11
4 napos faktor fogyás	8,00	8,02	8,01	8,03	7,99	8,00	8,02	7,99	8,02	8,00	8,01
4 napos faktor számított	1,000	0,998	0,999	0,996	1,001	1,000	0,998	1,001	0,998	1,000	0,999
5 napos KMnO ₄ fogyás	0,11	0,12	0,11	0,12	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11
5 napos faktor fogyás	7,99	8,00	7,99	8,00	8,00	7,99	7,99	8,01	8,00	8,00	8,00
5 napos faktor számított	1,001	1,000	1,001	1,000	1,000	1,001	1,001	0,999	1,000	1,000	1,000
6 napos KMnO ₄ fogyás	0,19	0,18	0,18	0,17	0,18	0,17	0,18	0,15	0,16	0,16	0,17
6 napos faktor fogyás	8,07	8,09	8,11	8,10	8,09	8,07	8,11	8,09	8,09	8,10	8,09
6 napos faktor számított	0,994	0,989	0,986	0,988	0,989	0,991	0,986	0,989	0,989	0,988	0,989
1 hetes KMnO ₄ fogyás	0,24	0,27	0,28	0,31	0,29	0,21	0,18	0,25	0,18	0,26	0,25
1 hetes faktor fogyás	8,12	8,13	8,08	8,16	8,12	8,16	8,12	8,18	8,11	8,16	8,13
1 hetes faktor számított	0,985	0,984	0,990	0,980	0,985	0,980	0,985	0,978	0,986	0,980	0,983

Klorid ion zavaró hatás meghatározás eredménytáblázat

Vak minta KMnO ₄ fogyása				
Tervezett klorid érték (mg/l)	0	200	300	400
Tényleges klorid érték (mg/l)	0	217	313	419
KMnO ₄ fogyás érték (ml)				
1. ismételés	0,26	0,27	0,35	0,40
2. ismételés	0,27	0,29	0,37	0,41
3. ismételés	0,26	0,26	0,34	0,40
4. ismételés	0,26	0,26	0,35	0,39
5. ismételés	0,27	0,27	0,34	0,41

0,5 mol/l-es oxálsav műoldat / Vak: 0,26 Faktor: 8,09								
Tervezett klorid érték (mg/l)	0		200		300		400	
Tényleges klorid érték (mg/l)	0		217		313		419	
(ml)	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték	KMnO ₄ fogyás	Számított KOI _{ps} érték
1. ismételés	0,75	0,49	0,84	0,58	0,89	0,63	0,94	0,68
2. ismételés	0,77	0,51	0,84	0,58	0,89	0,63	1,02	0,76
3. ismételés	0,77	0,51	0,85	0,59	0,89	0,63	0,95	0,69
4. ismételés	0,76	0,50	0,84	0,58	0,88	0,62	0,95	0,69
5. ismételés	0,77	0,51	0,83	0,57	0,89	0,63	0,94	0,68

Hallgatói nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A Hallgató neve:	Ördög Zsolt Sándor
A Hallgató Neptun kódja:	BZ7003
A dolgozat címe:	Permanganátos KOI-t befolyásoló tényezők különböző vizsgálati módszerek esetében
A megjelenés éve:	2024.
A konzulens intézetének neve:	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve:	Környezetanalitikai és Környezettechnológiai Tanszék

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

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

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

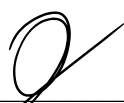
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

-nem titkosított dolgozat a védést követően

-titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. április 15.


Hallgató aláírása

Konzulensi nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Ördög Zsolt Sándor (hallgató Neptun azonosítója: BZ7003) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre
javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2024. április 15.


belső konzulens