

Biológiai bonthatósági vizsgálatok alkalmazása az eleveniszapos szennyvíztisztításban

Oláh József¹ – Öllös Géza² – Palkó György¹ – Szilágyi Mihály¹ - Rása Gábor¹

1. Fővárosi Csatornázási Művek Rt. – 2. Professzor Emeritus BME

Kulcsszavak: Biológiai bonthatóság, technológiai lebontás, teljes biológiai lebontás

1. Bevezetés

Az új és a már üzemelő szennyvíztelepek üzemeltetésénél alapvetően fontos, hogy a telep adottságainak, műszaki színvonalának megfelelően az érkező szennyvíz biológiai bonthatóságáról napra kész információval rendelkezünk. Ez által az üzemeltetés olyan színvonalú legyen, hogy a telep a területi kategóriának megfelelő határértékeket - optimális üzem költség felhasználás mellett - mindenkor teljesítse. Ez az elvárás csak a megfelelő bonthatósági vizsgálatok alkalmazása mellett teljesíthető.

Az alábbiakban az eleveniszapos szennyvíztisztítók biológia bonthatósági vizsgálataival foglalkozunk. Az ellenőrzés célját az alábbiakban határozhatjuk meg (*Pulai – Kárpáti, 2003*):

- Elegendő információ biztosítása az üzemeltetés során a helyes döntésekhez
- Az elfolyó, tisztított szennyvíz minőségi előírásainak betartása
- A tisztítás költségeinek optimalizálása

2. Biológiai bonthatósági vizsgálat

Az **1. táblázat**ban a biológiai szennyvíz telepek üzemének ellenőrzésére szolgáló bonthatósági mérési módszerek foglaltuk össze. A bonthatósági vizsgálatokat a technológiai körülmények és az u.n. teljes biológiai bonthatósági csoportokba sorolhatjuk. A szennyvíztelepek ellenőrzése szempontjából természetesen a technológiai viszonyok között végzett mérések a legfontosabbak.

A *teljes biológiai lebontásnak* más *környezetvédelmi feladatok megoldásában van jelentősége*. Ennek ellenére bizonyos esetekben (pl. újabb ipari szennyvizeknek a telepre történő bevezetése, a befogadók öntisztulása és terhelhetősége) szükséges lehet, hogy teljes vagy azt megközelítő lebontás mértékét ismerjük.

2.1 A tisztítási technológia lebontási folyamatának ellenőrzése

2.1.1 Szerves vegyületek biológiai bonthatóságának vizsgálata fél-folyamatos eleveniszapos módszerrel (SCAS módszer)

A módszert részletesen az **MSZ EN ISO 9887: 1998** számú szabvány ismerteti. A meghatározás elve: naponta szennyvízzel (műszennyvízzel) és ismert koncentrációjú teszt (vizsgálandó) vegyülettel táplált eleveniszapot tartalmazó, fél-folyamatos szennyvíztisztító berendezés és a kontroll berendezés elfolyó vizének szerves szén (DOC) koncentrációját vagy oxigén fogyasztását (KOI) összehasonlítjuk. A kontroll berendezésbe csak szennyvizet vagy műszennyvizet adagolunk. Az elfolyó szennyvizek DOC vagy KOI koncentrációi közötti különbséget a maradék teszt anyag (vizsgálandó) veszi fel. A százalékos lebomlást, illetve az eliminációt ebből a különbségből és a teszt anyag koncentrációjából (DOC; KOI) számítjuk ki. Aerob viszonyok (állandó levegőztetés) mellett a nagy mikroorganizmus koncentrációt (a vizsgálat megkezdésekor 1 – 4 g/l eleveniszap) alkalmazzunk. A szennyvíz tartózkodási ideje 36 óra, de a technológiai igényeknek megfelelően kisebb tartózkodási időket is be lehet állítani.

**1. táblázat Biológiai szennyvíz telepek üzemének ellenőrzésére szolgáló
bonthatósági mérési módszerek összefoglalása**

A mérési módszer megnevezése	A mért érték	A mérési módszer (hivatkozás)
<p>A tisztítási technológia lebontási folyamatának ellenőrzése:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Szerves vegyületek lebonthatósági vizsgálata (SCAS) • Maradék DOC vagy KOI meghatározása • Rosszul oldódó szerves vegyületek lebonthatóságának vizsgálata • Nitrifikációs légzési sebesség • Biológiai lebontási aktivitás vagy lebontási-sebesség mérése • Biológiailag könnyen-bontható RBOI frakció meghatározása • RBOI/KOI arány 	<p>%-os DOC vagy KOI csökkenés DOC vagy KOI mg/l</p> <p>mgNH₄/g iszapóra mgO₂/g iszapóra mgO₂/g iszapóra</p> <p>mg/l</p> <p>-</p>	<p><i>MSZ EN ISO 9 887</i></p> <p><i>MSZ EN ISO 9 887</i></p> <p><i>MSZ EN ISO 10634</i></p> <p><i>MSZ EN ISO 9509</i> „Egységes Vízvizsgáló Módszerek”</p> <p>„Egységes Vízvizsgáló Módszerek” és Awt. Abwassertechnik. Heft 5, 32 – 37.</p> <p><i>Számított paraméter</i></p>
<p>„Teljes” biológiai lebontás vizsgálata:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Szerves vegyületek teljes lebonthatósága széndioxid mérés alapján • Szerves vegyületek teljes lebonthatósága oxigénfogyasztás (respirométer) mérés alapján • Szerves vegyületek teljes lebonthatósága biológiai oxigénigény mérése alapján • Szerves vegyületek teljes lebonthatósági vizsgálata Zhan-Wellens teszt alapján 	<p>Bomlási %</p> <p>%-os DOC csökkenés</p> <p>Bomlási %</p> <p>%-os DOC vagy KOI csökkenés</p>	<p><i>MSZ EN 29 439</i></p> <p><i>MSZ EN 29 408</i></p> <p><i>MSZ EN ISO 10 707</i></p> <p><i>EN ISO 9888</i></p>

A teszt vegyület bonthatóságát (D_d) oldott fázis szerves-szén (DOC) vagy KOI tartalmának százalékos csökkenésében az alábbi összefüggéssel fejezzük ki:

$$D_d = \left(\frac{P_0 - (P_t - P_{Bt})}{P_0} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

D_d a naponta adagolt teszt anyag %-os csökkenése DOC -ben vagy KOI -ban kifejezve

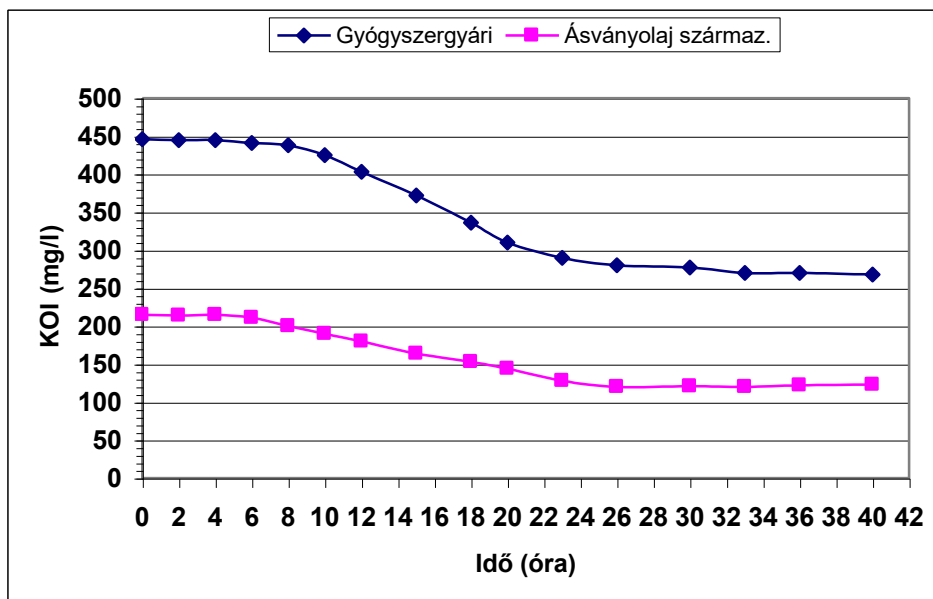
p_0 a teszt vegyület kiindulási DOC vagy KOI koncentrációja (mg/l)

p_t a teszt vegyület DOC vagy KOI koncentrációja a levegőztetési periódus végén(mg/l)

p_{Bt} a teszt vegyület DOC vagy KOI koncentrációja a levegőztetési periódus végén a kontroll edényben (mg/l)

Az **MSZ EN ISO 9887** szabvány a teszt vegyület biológiai bonthatóságának meghatározásával egy időben lehetőséget biztosít a teszt vegyület maradék („bonthatatlan”) DOC vagy KOI értékének meghatározására is. A maradék DOC vagy KOI értékét a $p_t - p_{Bt}$ különbsége adja meg.

Az **1.ábra** egy gyógyszergyári és egy ásványolaj feldolgozó üzemből származó szennyvíz szakaszos biológiai bontását mutatja be. Jól látható, hogy mind kettő szennyvíz biológiailag nehezen bontható.



1.ábra Egy gyógyszergyári és egy ásványolaj feldolgozó üzem szennyvizének szakaszos biológiai bontása (Oláh; Rása; FCSMRt., 2002)

A gyógyszergyári szennyvíz 26 órás levegőztetés hatására 40%-os és az ásványolaj feldolgozó üzemből származó szennyvíz pedig ugyanezen idő alatt 46 %-os biológiai lebomlást mutatott. A kísérletnél nem használtunk előzetesen adaptált iszapot. Látható, hogy mindkét szennyvíznél az adaptáció kb. 8 óra időt vett igénybe és ezt követően kezdődött el lebontási folyamat. Természetesen egy adott szennyvízhez hosszabb időn át szoktatott eleveniszappal a lebontási hatások lényegesen nagyobb lehet. A szennyvíztelepekre érkező szennyvíz változó minősége miatt sok esetben nem célszerű a vizsgálatnál adaptált iszapot alkalmazni, mert az üzemelő nagy telepen sem adaptált iszap fogadja az érkező szennyvizet.

2.1.2 A biológiai bonthatóság meghatározása szakaszos eleveniszapos rendszerben

A biológiai bonthatóságot a biológiai lebontás után az eleveniszap folyadék fázisában visszamaradó „C” szervesanyag hányaddal fejezzük ki:

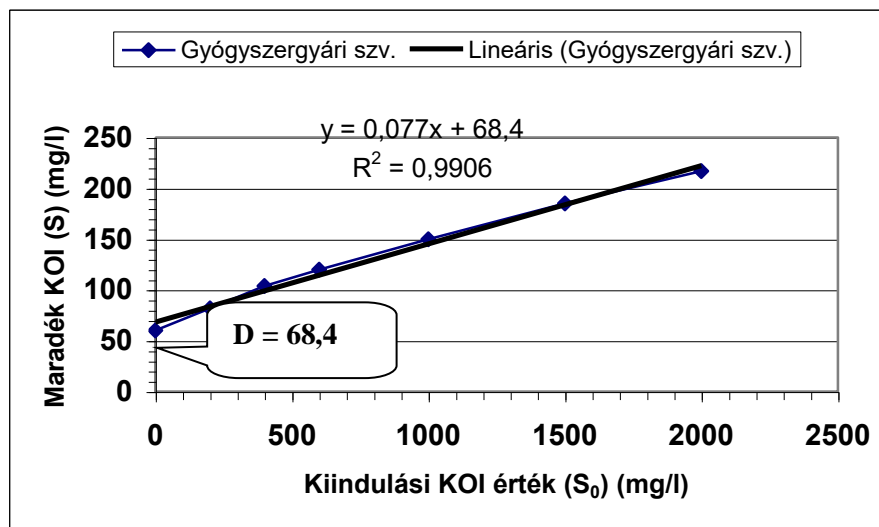
$$C = \frac{S_0 - S}{S_0} \quad (2)$$

ahol S_0 a kezdeti, S pedig a lebontás után az eleveniszap vizes fázisában mért KOI. Mivel a lebontás során az eleveniszapból is kerülnek szerves-anyagok az eleveniszap vízfázisába, a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$S = \beta S_0 + D \quad (3)$$

Ahol β - a biológiai bonthatóságra jellemző állandó (S és S_0 lineáris kapcsolat meredeksége)
 D - az eleveniszapból a vízbe jutó bomlástermékek koncentrációja KOI -ban kifejezve (az y tengelymetszete)

Az *Egységes Vízvizsgáló Módszerek* leírása alapján a vizsgálatot a **2.ábrán** bemutatott példa alapján a következőképpen kell végrehajtani: az eleveniszapot ülepítjük, majd csapvízzel a jelenlévő bontási termékeket az iszaptól kimossuk. Ezt követően 7 db 1 literes mérő-hengerbe



2. ábra Egy gyógyszergyári szennyvíz biológiai bonthatóságának meghatározása technológiai viszonyok között (Oláh; FCSM Rt., 2000)

300 – 300 ml ülepített eleveniszapot töltünk, majd ezután a mérőhengerekbe növekvő beadagolási sorrendben 0, 200, 400, 600, 1000, 1500 és 2000 mg/l KOI értéknek megfelelő mennyiségű szennyvizet mérünk. Ezt követően a mérőhengereket csapvízzel 1 literre töltjük fel. Ezután elindítjuk a mérőhengerekben a levegőztetést. A levegőztetési időt a technológiai tartózkodási időtől függően mindig mi határozzuk meg. Jelen esetben 16 órás levegőztetést alkalmaztunk. Tehát a kísérletnél azt vizsgáljuk, hogy 16 óra tartózkodási idő mellett mekkora lesz a maradék KOI értéke. A levegőztetés befejezése után a vizes fázisból membrán szűrt mintából a KOI-t meghatároztuk. A levegőztetés után mért KOI értékeket (S) és a kiindulási (S₀) összetartozó értékek függvényében ábrázoltuk. A KOI értékek ábrázolásának a segítségével meghatározhatjuk (3) összefüggésnek megfelelő egyenletet ($y = 0,077x + 68,4$), melynek segítségével kiszámíthatjuk a különböző kiindulási KOI értékekhez tartozó maradék KOI értékeket. A maradék KOI érték már tartalmazza az eleveniszap bomlás termékeinek KOI értékét ($\beta = 0,077$; $D = 68,4$ mg/l) is. Pl. 800 mg KOI/l kiindulási gyógyszergyári szennyvíz maradék KOI értéke 16 órás levegőztetés esetében: $S = 0,077 \cdot 800 + 68,4 = 61,6 + 68,4 = 130$ mg KOI/l. A 130 mg KOI/l érték tartalmazza az eleveniszap 68,4 mg KOI/l in wastewater treatment technology bontástermékeiből származó KOI értéket is. Ebből számíthatjuk a biológiai bonthatóságot (C) is, ami 83 % - nak adódik.

2.1.3 Rosszul oldódó szerves vegyületek biológiai lebonthatóságának vizsgálata

A mérési módszert részletesen az **MSZ EN ISO 10634: 1995** számú szabvány ismerteti. A rosszul oldódó szerves vegyületek biológiai lebonthatóságának vizsgálatára nagyon ritkán van igény. A fenti **MSZ EN ISO 10634: 1995** számú szabvány kizárólag a minta vizsgálatra történő előkészítésével foglalkozik. A lebontási vizsgálatot az általunk választott szabványos módszerrel elvégezhetjük. A lebontási vizsgálat elvégzéséhez – az illékony vegyületek – miatt ajánlott az **MSZ EN 29 408** számú szabvány alkalmazása. Ez a szabvány zárt rendszerben az oxigénfogyasztást méri.

Bármelyik bonthatósági vizsgálat alkalmazása esetében a vízben rosszul oldódó szerves vegyületeket közvetlenül baktérium készítményhez nem lehet adagolni, ezért azokat elő kell

készíteni. A bonthatósági teszt vizsgálathoz az alábbi előkészítési módszereket alkalmazhatjuk:

- adszorpció inert hordozóanyagon,
- ultrahangos diszperzió készítése,
- diszperzió vagy emulzióképző anyag adagolása

Miután a rosszul oldódó anyagok biológiai bonthatóságával ritkán találkozunk, ezért az előkészítési módszerek részletes leírásától eltekintünk.

2.1.4 Biológiai könnyen-bontható frakció (RBOI) meghatározása

A biológiai könnyen-bontható frakció meghatározásával a szennyvíz biológiai bonthatóságára lehet következtetni. Egy szennyvíz könnyen bontható frakcióját az RBOI méréssel lehet legegyszerűbben meghatározni. A szennyvizek biológiai bonthatóságának meghatározására az RBOI mérést régóta alkalmazzák a szennyvíz technológiában (*Farkas, 1981; Riegler, 1984; Roš, 1993*). A mérés egyszerűsége és viszonylagos jó reprodukciója miatt napjainkban is sok helyen alkalmazzák (*Köhne és Schuhen, 1996; Borneman és Londong, 1999*).

A méréseredmények ismeretében számolható az RBOI/KOI arány. Az RBOI/KOI arány információt szolgáltat a szennyvíz biológiai bonthatóságáról és fonalas baktériumok elszaporodásának esélyeiről. Az RBOI/KOI arány növekedésével nő a nyers szennyvíz könnyebben bontható **frakciójának mennyisége**, és ezzel egy időben megnő a fonalas baktériumok elszaporodásának az esélye is. A fonalas baktériumok elszaporodása következtében a tisztított szennyvíz minősége ($KOI > 100 \text{ mg/L}$) jelentősen romlik. A jelentős vízminőség romlás azt jelenti, hogy a tisztított szennyvíz minőségét előíró határértéket nem lehet tartani, ennek következtében a szennyvíztelepnek bírsággal kell számolni.

Az RBOI/KOI arány alakulásának nyomon követésével az üzemeltető meghozhatja azokat az intézkedéseket (oxigénszint csökkentés, terhelés növelése stb.) amely segítségével a fonalas baktériumok elszaporodása gátolható vagy megakadályozható. Az RBOI/KOI arány meghatározása lehetőséget ad arra is, hogy a szennyvíz biológiai bonthatóságáról viszonylag gyors információt szerezzünk. Különösen jól alkalmazható a mérési módszer nagyobb szennyezettséggel bíró komplex (sok vegyületet tartalmazó) kommunális és ipari szennyvizek bonthatóságának vizsgálatára.

Amennyiben az RBOI/KOI értéke 0,5 -nél nagyobb, a szennyvíz biológiai jól bontható, ha 0,05-nél kisebb akkor a szennyvíz gyakorlatilag bonthatatlan. Minél nagyobb ez az arányszám a szennyvíz biológiai annál jobban bontható. Az arányszám tulajdonképpen azt fejezi ki, hogy a KOI-nak hányadrészét teszi ki az eleveniszapos rendszerben gyorsan lebontható BOI. Közbülső értékeknél a bonthatóság részleges.

A meghatározás elve

Az idő függvényében regisztrált oldott oxigén koncentrációt nevezzük **légzésgörbének (respirogramnak)**. Az RBOI mérésnél a vizsgálandó eleveniszap mintához ismert mennyiségű és minőségű szubsztrátot (Na-acetát, műszennyvíz, szennyvíz) adunk, ennek következtében a légzésgörbe a szubsztrátlégzés **miatt** először esik, majd amikor a baktériumok a szubsztrátot lebontották, egy hirtelen töréssel emelkedni kezd.

A vizsgált szennyvíz minta RBOI értékét a légzésgörbék alatti területből számíthatjuk ki.

Az RBOI/KOI arányt a felvett **légzési** görbe területéből (RBOI) és a szennyvíz KOI értékéből számítjuk.

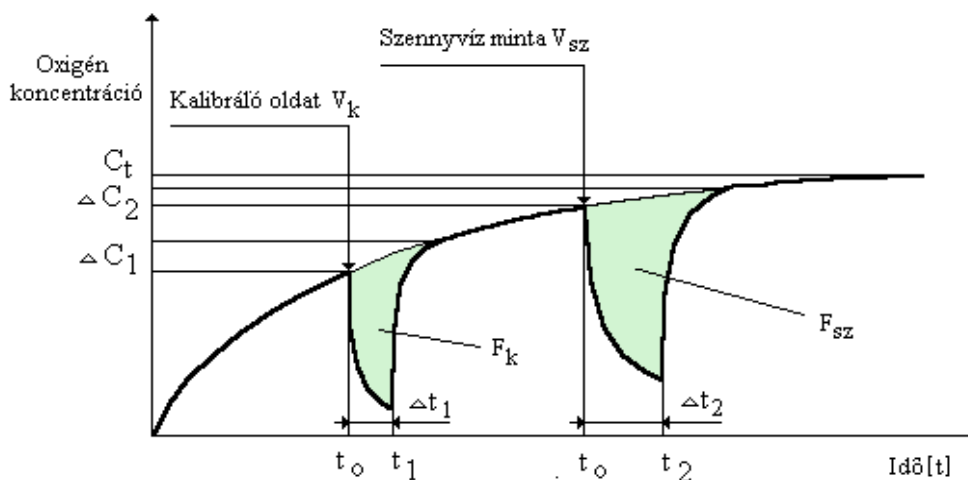
Az RBOI légzésgörbe kiértékelése

Az **3. ábra** két különböző bonthatóságú anyag légzés-görbét mutatja be.

Az RBOI-t mindig valamilyen szubsztrátra vonatkoztatjuk. Ez a szubsztrát a legtöbb esetben, Na-acetát. Az (1) Na-acetát, mint szubsztrát jól bontható, ezért kis Δt_1 bontási idő és kisebb légzésgörbe terület tartozik hozzá. A nehezebben bontható (2) szubsztráthoz nagyobb Δt_2 bontási idő és nagyobb légzés görbe terület rendelhető.

A vizsgált szennyvíz minta RBOI értékét a légzésgörbék területi viszonyából számíthatjuk ki. Az RBOI mérésekor, az eseményzaphoz adott szubsztrát lebontása során kapott szubsztrát-légzési görbét kell az idő szerint integrálni. A vizsgálandó anyag RBOI értéke arányos a légzésgörbe alatti területtel. Az RBOI kiszámításához egy ismert RBOI_k kalibráló oldatból (Na-acetát) ismert V_k mennyiséget adunk a reaktorba és az F_k csúcs alatti területet regisztráljuk. Ezután V_{sz} szennyvíz mennyiséget mérünk be a reaktorba és meghatározzuk a lebontás során kirajzolódó F_{sz} csúcs alatti területet. Fentiek alapján az RBOI -t a következő képlettel számítjuk:

$$RBOI = RBOI_k \frac{V_k F_{sz}}{V_{sz} F_k} \quad (4)$$



3. ábra Az RBOI légzés görbék kiértékelése

Az RBOI/KOI arány meghatározása lehetőséget ad arra, hogy a szennyvíz biológiai bonthatóságáról költséges kísérletek elvégzése nélkül viszonylag gyors információt nyerjünk. A RBOI mérés gyakorlati kivitelezését részletesen tárgyalja az „Egységes Vízvizsgáló Módszerek” (1979) és Scheer (1995).

2.2 „Teljes” aerob biológiai lebonthatósági vizsgálat

Az u.n. „teljes” aerob biológiai lebonthatósági vizsgálatoknak (MSZ EN ISO 29408; 10707; 29439; ISO 9888) a szennyvízes gyakorlatban nincs akkora jelentősége, mint a reális technológiai viszonyok között végzett bonthatósági vizsgálatoknak. A reális technológiai viszonyok által biztosított lebontási idő (max. 1 - 2 nap) lényegesen kisebb, mint a teljes lebonthatósági módszerek által alkalmazott kezelési idő (28 nap). A teljes biológiai lebontás

során a mikroorganizmusok a tesztvegyületet széndioxiddá, vízzé bontják le és ezzel egy időben ásványi sók és új mikrobiális sejtalkotók (biomassza) keletkeznek. Ugyanakkor a tisztítási technológiában és az ezt modellező mérési folyamatokban olyan lebontási termékek (metabolit termék) is képződnek, amelyek nem bontódnak le széndioxidra és vízre, mint lehetséges végtermékekre. Ezek a bontási termékek a tisztított szennyvízzel a befogadóba távoznak.

2.2.1 Szerves vegyületek „teljes” lebonthatóságának meghatározása zárt respirométerben oxigénfogyasztás mérése alapján (MSZ EN ISO 29408)

A respirométer készülék működése azon alapszik, hogy zárt biológiai rendszerben a vizsgálandó oldaton állandó nyomáson átvezetett oxigén fogyasztásának sebességét mérjük.

Az oxigén felhasználásának sebességét a készülék oly módon határozza meg, hogy elektrokémiai módszerrel az elfogyasztott oxigénnel ekvivalens mennyiségű oxigént fejleszt.

A biológiai rendszer által felhasznált oxigén mennyiségét a respirométer számítógép egysége az elektrolízishez használt áram erősségéből és az elektrolízis idejéből számítja. A biológiai lebontás során keletkező széndioxid megkötése a respirométerben nátriumhidroxid oldatban történik. A teszt feladat elvégzésére a legtöbb zártrendszerű respirométer alkalmas.

A lebontást 28 napig, vagy szükség esetében még tovább követjük az oxigénfogyasztás automatikus vagy manuális meghatározásával.

A lebomlást a biokémiai oxigénigénynek az elméleti oxigénigényre (EOI) vagy a kémiai oxigénigényre (KOI) vonatkoztatott hányadosaként határozzák meg:

$$D(\text{EOI})_t = \frac{OI}{EOI} \cdot 100 \quad (5)$$

$$D(\text{KOI})_t = \frac{OI}{KOI} \cdot 100 \quad (6)$$

ahol

$D(\text{EOI})_t$ az EOI százalékos lebomlási értéke t időpontban

$D(\text{KOI})_t$ a KOI százalékos lebomlási értéke t időpontban

EOI elméleti oxigénigény mg-ban a teszt vegyület 1 mg-jára vonatkoztatva. Ismert vegyületeknél a sztöchiometriai összefüggés alapján lehet számolni, ismeretlen összetételű szennyvizeknél csak mérés alapján lehet meghatározni

KOI kísérletileg meghatározott kémiai oxigénigény mg-ban a teszt vegyület 1 mg-jára vonatkoztatva

OI oxigénigény mg-ban a teszt vegyület 1 mg-jára vonatkoztatva

Az oldott szerves szén (DOC) meghatározása esetében (esetenként a teszt kezdetén és végén) a tesztvegyület biológiai lebomlását a DOC- eltávolítás százalékában számítjuk ki a következő egyenlet szerint:

$$D_t = \left[1 - \frac{\rho(\text{DOC})_t - \rho(\text{DOC})_{BI,t}}{\rho(\text{DOC})_0 - \rho(\text{DOC})_{BI,0}} \right] \cdot 100 \quad (7)$$

ahol

D_t a lebomlás mértéke az eltávolított DOC százalékában kifejezve (a teszt végén)
 $\rho(\text{DOC})_0$ a tesztközeg mért vagy számított kezdeti DOC koncentrációja (mgDOC/l)
 $\rho(\text{DOC})_t$ a tesztközeg DOC koncentrációja a teszt végén (mgDOC/l)
 $\rho(\text{DOC})_{\text{BI},t}$ a vakpróba DOC koncentrációja a teszt végén (mgDOC/l)
 $\rho(\text{DOC})_{\text{BI},0}$ a vakpróba kezdeti DOC koncentrációja (mgDOC/l)

Ha $\rho(\text{DOC})_0$ értékét a törzsoldatból számoljuk ki, akkor $\rho(\text{DOC})_{\text{BI},0}$ értéke elhanyagolható

2.2.2 Szerves vegyületek „teljes” lebonthatóságának meghatározása biokémiai oxigénigény mérése alapján (MSZ EN ISO 10707)

A módszer elve, hogy a szerves tesztvegyületet vagy ismeretlen összetételű szennyvizet, mint egyetlen szén-és energiaforrást, ásványi sókat tartalmazó közegben viszonylag kisszámú mikroorganizmussal oltjuk be. Az oltó-anyag kevert populációból származik. A vizsgálandó vegyület oldatát teljesen megtöltött lezárt palackokban, sötét helyen állandó hőmérsékleten (20 – 25 °C - on) inkubáljuk. A biológiai lebomlást az oldott oxigén 28 napon át tartó meghatározásával követjük.

A tesztvegyület által elfogyasztott oxigén mennyiségét (BOI), az oltóanyaggal végzett vakpróbával veszünk figyelembe és a mért oxigén-fogyasztással korrigáljuk, majd az elméleti oxigénigény vagy a KOI százalékában fejezzük ki.

A fentiekben ismertetett leírás az u.n. teljes BOI meghatározással egyenértékű, ez a mérés a szennyvizes gyakorlatból jól ismert.

A százalékos biológiai lebontást kiszámíthatjuk, ha a fajlagos BOI-t elosztjuk az elméleti oxigén igénnyel (TOI). Ha ismeretlen összetételű szennyvizet vizsgálunk TOI nem határozható meg, akkor használjuk a mért KOI értéket.

$$D_t = \frac{(\rho_0 - \rho_{0,t}) - (\rho_{0,b} - \rho_{0,t,b})}{TOI \cdot \rho_c} \quad (8)$$

ahol

D_t a tesztvegyület százalékos biológiai lebontása t időpontban
 ρ_0 a tesztpalackok oxigénkoncentrációja 0 időpontban (mg/l)
 $\rho_{0,t}$ a tesztpalackok oxigénkoncentrációja t időpontban (mg/l)
 $\rho_{0,b}$ a vakpróba palackok átlagos oxigénkoncentrációja 0 időpontban (mg/l)
 $\rho_{0,t,b}$ a vakpróba palackok átlagos oxigénkoncentrációja t időpontban (mg/l)
 TOI a tesztvegyület elméleti oxigénigénye a tesztvegyületben megadva (mg/mg)
 ρ_c a tesztvegyület koncentrációja tesztpalackokban (mg/l)

2.2.3 Szerves vegyületek „teljes” lebonthatóságának meghatározása felszabadult széndioxid mérése alapján (MSZ EN 29439)

A módszer elve, hogy a szerves tesztvegyületnek, vagy ismeretlen összetételű szennyvíznek – mint egyetlen szén-és energiaforrás – ásványi sókat tartalmazó közegben készített oldatát viszonylag kisszámú mikroorganizmussal oltjuk be. Az oltó-anyag kevert baktérium populációból származik. A teszt és a kontroll anyagot egy zárt edénybe helyezük, amelyen keresztül az inkubációs időnek (28 nap általában) megfelelően széndioxid mentes levegőt **áramoltatunk** át. A vizsgálandó vegyület oldatát zárt **edényben**, szórt fényben állandó hőmérsékleten (20 – 25 °C) inkubáljuk. A biológiai lebomlás szintjét indirekt módon, a teszt időtartama alatt felszabaduló széndioxid méréssel határozzuk meg. A biológiai reakció

folyamán felszabadult széndioxidot széndioxid-analizátorral vagy lúgban történő felfogás után titrimetrikusan mérjük.

A mg-ban kifejezett elméleti széndioxid mennyiségét (ECO_2) a következő összefüggéssel számítjuk:

$$ECO_2 = C \cdot V \cdot \frac{44}{12} \quad (9)$$

ahol

C a tesztvegyület koncentrációja a tesztoldatban, mérés alapján szerves szénben kifejezve (mg/l)

V a tesztoldat térfogata (l)

Lebontási százalékot (D_t) az alábbi összefüggéssel számíthatjuk:

$$D_t = \frac{(CO_2)_T - (CO_2)_B}{ECO_2} \cdot 100 \quad (10)$$

ahol

$(CO_2)_T$ a teszt edényben a teszt megkezdésétől a t időpontig felszabadult összes széndioxid mennyiségének átlaga (mg)

$(CO_2)_B$ a vakpróba edényben teszt megkezdésétől a t időpontig felszabadult összes széndioxid mennyiségének átlaga (mg)

ECO_2 az elméleti széndioxid mennyisége (mg)

2.2.4 Szerves vegyületek „teljes” lebonthatóságának meghatározása Zhan-Wellens teszt alapján (EN ISO 9888)

A módszer elve, hogy a szerves tesztvegyületnek, vagy ismeretlen összetételű szennyvíznek (mint egyetlen szén és energiaforrás) az oldatát ásványi sókat tartalmazó közegben viszonylag kis koncentrációjú mikroorganizmussal oltjuk be. Az oltó-anyagot eleveniszapos medencéből célszerű venni. A teszt vegyületet vagy a vizsgálandó szennyvizet (KOI: 100 – 1000 mg/l) az eleveniszap szuszpenzióhoz (0,2 g/l) adagoljuk és vizsgálat ideje alatt 20 °C – on termosztáljuk és folyamatosan levegőztetjük. A vizsgálat indításakor 3 liter teszt anyag eleveniszap keverékből célszerű kiindulni. Indítást követően az egyensúly beállítása végett a keveréket 2 – 3 órán keresztül levegőztetjük, majd mintát veszünk és az oldott KOI-t vagy DOC -t megmérjük és ezt tekintjük kiindulási adatnak. Hasonlóan kontrollként az oltóiszappal is elvégezzük a fentiekben ismertetett műveletet. Bizonyos esetekben vonatkozási szubsztráttal (pl. **etilén-glikol**) is elvégzik a vizsgálatot. A vizsgálat ideje 28 nap. A vizsgálati időszakban 1 - 2 naponta vett mintával kísérjük nyomon a biológiai lebontást.

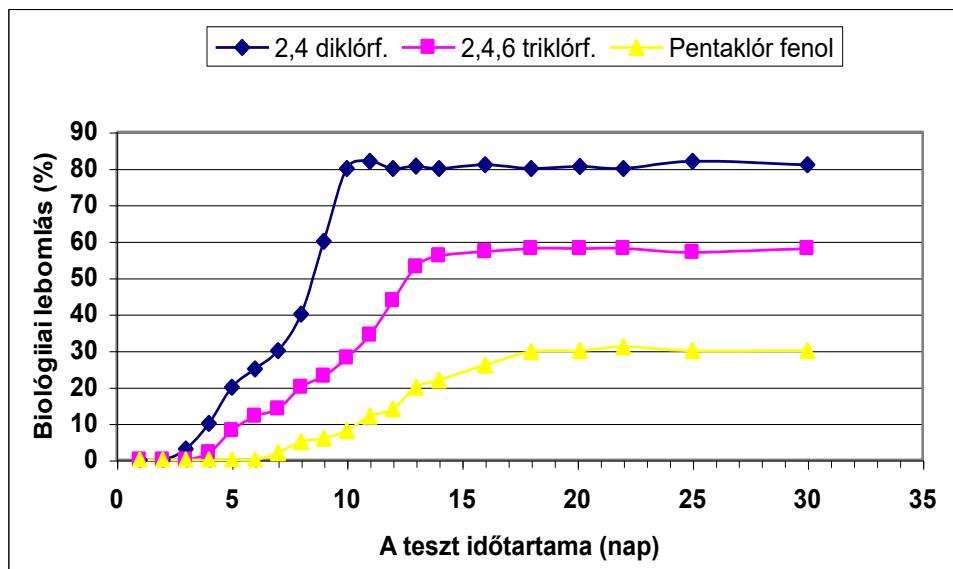
A Zhan-Wellens vizsgálati metodika a szennyvizes kísérleti technikában jól ismert. Tulajdonképpen ugyanezt a módszert alkalmazzuk akkor is, amikor egy szakaszos eleveniszapos levegőztetési kísérletet (eleveniszap + nyers szennyvíz) végzünk, abból a célból, hogy a várható elfolyó szennyvíz minőségét meghatározzuk.

Zhan-Wellens vizsgálat elvégzése után a biológiai bonthatóságot (D_t) az alábbi összefüggéssel számítjuk:

$$D_t = \left[1 - \frac{\rho_{cTt} - \rho_{cBt}}{\rho_{cT1} - \rho_{cB1}} \right] \cdot 100 \quad (11)$$

- D_t a teszthevegyület százalékos biológiai lebontása t időpontban
 ρ_{cT1} a tesztpalackok DOC koncentrációja t_1 időpontban (mg/l)
 ρ_{cB1} a vakpróba DOC koncentrációja t_1 időpontban (mg/l)
 ρ_{cTt} a tesztpalackok DOC koncentrációja t időpontban (mg/l)
 ρ_{cBt} a vakpróba DOC koncentrációja t időpontban (mg/l)

Néhány fenol-származék Zhan-Wellens teszt alapján végzett biológiai bonthatóságát a **4. ábra** mutatja be. A teszt vizsgálatnál kommunális eleveniszapot használtunk és előzetes adaptáció



4.ábra Néhány fenol-származék biológiai bonthatósági görbéje (Zhan-Wellens teszt: Oláh; Szutrély; FCSMRt., 1996)

nem volt. Az ábra szemléletesen mutatja, hogy klór szubsztituensek számának növekedésével a biológiai bonthatóság jelentősen csökken. A pentaklór-fenolt 20 napos lebontási idő mellett is, csak 30 %-os mértékben lehetett bontani.

Irodalom

- Bornemann, C. – Londong, J.** (1999): Online-Messung des leicht abbaubaren CSB. wwt. awf. Abwasser, 2, 25 – 28.
Egységes Vízvizsgáló Módszerek V. Technológiai Módszerek. VITUKI, Budapest 1979.
Farkas, P. (1981): The use of respirography in biological treatment plant control. Wat. Sci. Techn., 13, 125 – 131.

Köhne, M. – Schuhen, M. (1996): On-line-Zehrungs- und aktivitäts-messungen zur Überwachung und Regelung von Kläranlagen. Awt. abwassertechnik, heft 5, 52 – 55.

Pulai, J. – Kárpáti, A. (2003): A szennyvíztisztítás ellenőrzésének analitikai lehetőségei 1 – 2. rész, LABINFO XI.évf.2003/3, 37 – 39, 35 – 39.

Riegler, G. (1984): Kontinuierliche Kurzzeit-BSB-Messung. Korrespondenz Abwasser. 31. Jahrgang, 5, 369 – 377.

Roš, M. (1993): Respirometry of Activated Sludge. TECHNOMIC. Publishing Co. Inc. Lancaster·Basel. 43 – 49, 85 – 111, 125 – 130.

Scheer, H. (1995): Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration an abbaubaren organischen Kohlenstoffverbindungen im Abwasser. Awt. Abwassertechnik. Heft 5, 32 – 37.

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 29408 vízminőség. Szerves vegyületek vizes közegben való „teljes” aerob biológiai lebonthatóságának kiértékelése. Az oxigénfogyás meghatározása zárt respirométerben (ISO 9408: 1991)

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 9509 vízminőség. Az eleveniszapban lévő mikroorganizmusok nitrifikációgátlásának meghatározása vegyi anyagokkal és szennyvízzel (ISO 9509: 1989)

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 10707 vízminőség. Szerves vegyületek „teljes” aerob biológiai lebonthatóságának meghatározása vizes közegben. Meghatározás a biokémiai oxigénigény megállapítása alapján (zárt palackos teszt) (ISO 10707: 1994)

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN 29439 vízminőség. Szerves vegyületek vizes közegben való „teljes” aerob biológiai lebonthatóságának kiértékelése. A felszabadult széndioxidmérésen alapuló módszer (ISO 9439: 1990)

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 9887 vízminőség. Szerves vegyületek vizes közegben való aerob biológiai lebonthatóságának kiértékelése. Fél-folyamatos eleveniszapos módszer (SCAS) (ISO 9887: 1992)

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 10634 vízminőség. Útmutató a vízben rosszul oldódó szerves vegyületek előkészítésére és kezelésére, azok vizes közegben való biológiai lebonthatóságának értékeléséhez (ISO 10634: 1995)

Water quality – Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium – Static test (**Zahn – Wellens method**) (ISO 9888: 1999)

Összefoglalás, javaslatok

A hazai szennyvíztelepeken a telepre érkező szennyvizek biológiai bonthatóságának ellenőrzésével ritkán foglalkoznak. A kérdésnek sok esetben nagy jelentősége van, hiszen a bonthatóság vizsgálatával egyértelműen tisztázni lehet, hogy az elfolyó, tisztított szennyvíz minősége javítható-e vagy az adott telep üzemi adottságai nem teszik lehetővé az elfolyó víz minőségének további javítását.

A tisztítás technológiai viszonyok között a szennyvizek biológiai bonthatóságának meghatározására az u.n. fél-folyamatos (SCAS módszer: MSZ EN ISO 9787) és a szakaszos eleveniszapos rendszerrel végzett vizsgálati módszer alkalmazását tartjuk legmegfelelőbbnek.

A szennyvíztisztítási gyakorlatban a „teljes” biológiai lebontás mérésének igénye ritkán fordul elő, de bizonyos esetekben (pl. vízbázis terhelhetőségének meghatározása) számolni kell ilyen mérési igénnyel is. Erre mérésre igény lehet például abban az esetben, ha a szennyvíztelepre egy nehezen bontható ipari szennyvizet szándékoznak bevezetni és az üzemeltető szeretné tudni, hogy a bevezetés hatására a telepről elfolyó szennyvíz maradék KOI koncentráció milyen mértékben fog növekedni. A „teljes” biológiai lebontás mérésére illékony komponensek esetében az oxigénfogyasztás mérésén alapuló zárt respirométeres módszer (MSZ EN ISO 29408) tűnik a legmegfelelőbbnek. Abban az esetben amikor a szennyvíz illékony komponenseket nem tartalmaz a viszonylag egyszerű Zahn – Wellens teszt (MSZ EN ISO 9787) is alkalmazható.

Amikor egy szennyvíztelepen a befolyó szennyvíz minősége gyakran változik (újabb szennyvíz kibocsátó bekötése, szezonális ipari terhelés stb.) a befolyó szennyvizek biológiai bonthatóságát célszerű gyakrabban megvizsgálni. Abban az esetben, amikor egy üzemeltető vízmű vállalat több szennyvíztelepet üzemeltet ajánlatos a legnagyobb telepen kialakítani a fentiekben ismertetett mérő rendszert, ahol természetesen a kisebb telepek alkalmi ellenőrzése is elvégezhető.

Jövőben a hazai szennyvíztelepek üzemeltetési színvonalának emelése céljából az ismertetett mérési-módszereket szélesebb körben kell alkalmazni. Az ismertetett mérési-módszerek alkalmasak arra, hogy a telep tartalék tisztító kapacitását feltárjuk és ezáltal a tisztítótelep hatásfokát, növeljük.

Summary

The measurement of the aerobic biodegradability of organic compounds in the technological circumstances is frequently necessary to determine.

In practice the semicontinuous (SCAS) and batch activated sludge methods are used for the evaluation of biodegradability of organic test compounds and wastewaters. These materials are the source of carbon and energy for a high-density inoculum of activated sludge. Evaluation of the test results comparing the DOC or COD concentration before and after the fill and draw procedure.

In the biological treatment plants the evaluation of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds is not often applied. In some cases, if the evaluation of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds is required, then the closed respirometric and Zahn Wellens methods are used.

The use of biodegradability tests in wastewater treatment technology is proposed.

Összefoglalás

Szerves-anyagoknak az aerob biológiai bonthatóságát technológiai körülmények között gyakran szükséges, hogy mérjük. A szerves eredetű teszt anyagok és szennyvizek biológiai bonthatóságának értékelésére a gyakorlatban a fél-folyamatos (SCAS) és a szakaszos eleveniszapos módszert használják. Ezeket az anyagokat az oltóanyagként használt nagy koncentrációjú eleveniszap szén és energia forrásként használja fel. A teszt vizsgálat eredményeit a vizsgálat előtt és után vett minták analízise alapján TOC vagy KOI koncentrációban fejezzük ki.

A szennyvíztisztító telepeken a szerves-anyagoknak a teljes biológiai bonthatóságát ritkán vizsgálják. Néhány olyan esetben amikor a teljes biológiai bonthatóság meghatározása szükséges, akkor a zárt respirométeres és a Zahn – Wellens módszert használják.

A szennyvíz technológiában a biológiai bonthatósági vizsgálatok végzése hasznos és célszerű.