

Mikko Majuri

COD-mittarin soveltuvuus biotehtaan jätevesille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

17.10.2017

Tekijä(t) Otsikko	Mikko Majuri COD-mittarin soveltuvuus biotehtaan jätevesille
Sivumäärä Aika	24 sivua + 2 liitettä 17.10.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Bioprosessit ja tuotteiden laadunohjaus
Ohjaaja(t)	Lehtori Mikko Halsas Jatkuvan parantamisen päällikkö Heikki Aaltonen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli tutkia, soveltuuko s::can COD -mittausjärjestelmä Roal Oy:n biotehtaan jätevesille ja voidaanko sen avulla havaita mahdolliset häiriöpäästöt. Yritys joutuu maksamaan sanktiomaksuja, jos tehtaan jätevedet ylittävät viikossa jäteveden COD-pitoisuudelle asetetun ylärajan. Tavoitteena oli selvittää miten s::can-mittausjärjestelmä pystyy mittaamaan todennäköisimpien häiriöpäästöjen COD-pitoisuuksia.</p> <p>Työn alussa kartoitettiin todennäköisimmät häiriöpäästöt biotehtaassa ja otettiin niistä näytteitä. Nämä näytteet sekoitettiin eri pitoisuuksina jäteveteen ja näytteet analysoitiin s::can COD-mittarilla, Roalin laboratorion COD-mittauslaitteella, sekä Altian Oyj:n COD-mittauslaitteella.</p> <p>Tutkimuksen aikana huomattiin, että mittari likaantuu sisäänrakennetusta ilmapuhdistuksesta huolimatta. Epäpuhtauksien kertyminen mittarin optiikkaan antoi virheellisiä mittauslukemia. COD-mittarille laadittiin puhdistusohje, jota tuotannon henkilökunta alkoi noudattamaan.</p> <p>Tuloksista ilmeni, että mittari pystyy havaitsemaan entsyymipitoisia jätevesiä, mutta glukoosin havaitseminen jätevedestä ei onnistu mittarilla ilman tarkempaa kalibraatiota. Työn lopuksi pohditaan mistä COD-päästöt tulevat ja miten tehtaan laajennus vaikuttaa COD-mittariin.</p>	
Avainsanat	Jätevesi, COD, kemiallinen hapenkulutus, päästöt, mittaus

Author(s) Title	Mikko Majuri COD instrument's suitability for bioplant's wastewater
Number of Pages Date	24 pages + 2 appendices 17 October 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Specialisation option	Bioprocesses and Quality Control
Instructor(s)	Mikko Halsas, Senior Lecturer Heikki Aaltonen, Continuous Improvement Manager
<p>The purpose of this thesis project was to investigate whether the s::can COD instrument is suitable for Roal Oy's wastewater and if it detect possible interference emissions. The company has to pay penalty payments, if it exceeds the upper limit of the weekly COD concentration. The goal was to find how s::can instrument can detect and measure COD concentrations of the most probable accidental emissions.</p> <p>At the beginning of the project the most probable emissions were mapped out and samples were taken of them. These samples were mixed in different concentrations to wastewater and then analyzed with the s::can instrument, Roal laboratory's COD instrument and in Altia Oyj laboratory's COD instrument.</p> <p>During the thesis project, it was discovered that the s::can instrument suffered fouling over time. The built-in air cleaning device was not sufficient to keep the instrument clean. Accumulation of impurities in the meter's optics gave incorrect measurement readings. Cleaning instructions were made for the COD instrument, and the production staff started to follow them.</p> <p>The results showed that the COD instrument can detect wastewaters which include enzymes, but the detection of glucose cannot be achieved without a more accurate calibration. The thesis ends with a discussion on where the COD emissions originate from and how the plant expansion will affect the COD instrument.</p>	
Keywords	wastewater, COD, chemical oxygen demand, emissions, measurement

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Roal Oy	2
3	Tehtaan jätevedet	2
4	Orgaaninen kuormitus	3
4.1	Biokemiallinen hapenkulutus	3
4.2	Kemiallinen hapenkulutus	4
5	s::can COD -mittausjärjestelmä	4
6	Mahdolliset häiriöpäästöt jäteveeseen	7
6.1	Kasvatusliuos	7
6.2	Painesuodatettu kasvatusliuos	7
6.3	Ultrasuodatettu konsentraatti	8
6.4	Ultrasuodatuksen permeaatti	9
6.5	Glukoosi	9
6.6	Steriloitu glukoosi	9
7	Mittaukset ja tulokset	10
7.1	Mittaukset	10
7.1.1	s::can COD -mittari	10
7.1.2	Roalin laboratorion mittaukset	11
7.1.3	Altian laboratorion mittaukset	14
7.2	Tulokset	15
7.2.1	Kasvatusliuos	16
7.2.2	Painesuodatettu kasvatusliuos	17
7.2.3	Ultrasuodatettu konsentraatti	18
7.2.4	Ultrasuodatettu permeaatti	19
7.2.5	Glukoosi	20
7.2.6	Steriloitu glukoosi	21
8	Johtopäätökset ja pohdinta	22

Liitteet

Liite 1. Mittaustulokset

Liite 2. COD-mittarin puhdistusohje tuotannon käyttöön

Lyhenteet

- COD Chemical Oxygen Demand. Kuvaa sitä happimäärää, joka tarvitaan vedessä olevan orgaanisen aineksen pelkistämiseen kemiallisilla menetelmillä.
- CIP Cleaning in place. Pesusysteemi, jossa huuhteluvesiä ja pesuliuoksia kierrätetään linjoissa ja säiliöissä.
- Fingerprint s::can COD -mittarin käyttämä termi koko aallonpituusaluetta hyväksi käytävälle spektrometriseksi mittaukseksi.

1 Johdanto

Työn tavoitteena on selvittää, soveltuuko s::can-mittausjärjestelmä Roal Oy:n biotehtaan jätevesille. Työn tilaajana on Roal ja mittausjärjestelmä on asennettu yhteistyössä Luode Consultingin kanssa. Roal valmistaa fermentoimalla entsyymejä eri teollisuusalojen käyttöön. Tuotantolaitos sijaitsee Nurmijärven kunnassa, Rajamäen kylässä.

Roalin jätevedet menevät Altia Oyj:n jätevesien kanssa samaan viemäriverkkoon ja edelleen Klaukkalan jätevedenpuhdistamolle. Jäteveden orgaanisen kuorman viikkoylityksistä tulee sakkoja Roalille.

Vuonna 2015 tehtaan jäteveden määrä oli 164 300 m³, ja Rajamäen tuotantolaitokselle kesällä 2017 valmistuvan laajennuksen myötä tehtaan jätevesien määrä kasvaa n. 40 %. Tässä työssä testattavan s::can-mittausjärjestelmän avulla on tarkoituksena havaita suuret COD-pitoisuudet jätevedessä, ja laajennuksen myötä ne voidaan ohjata ns. päästösäiliöön ennen kuin ne pääsevät kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon.

Roalin jätevesien COD-pitoisuutta mitataan päivittäin ottamalla keräilynäyte, joka analysoidaan Altian laboratoriossa. Keräilynäyte otetaan säiliöstä, johon automaattiventtiili päästää pieniä jätevesinäytteitä säännöllisin välein. Jätevesikaivon pohjalla on pumppu, joka kierrättää jätevettä linjassa, josta keräilynäyte otetaan säiliöön, ja myös COD-mittari on asennettu tähän linjaan. Jätevesi virtaa COD-mittarin läpi ja päätyy takaisin viemäriin muoviletkaa pitkin (kuva 1).

Työssä kartoitettiin biotehtaan mahdolliset häiriöpäästöt ja niitä mallintamaan tehtiin eri-pitoisia liuoksia. Liuoksia mitattiin s::can-mittausjärjestelmällä, Roalin laboratorion fotometrillä sekä Altian laboratorion spektrofotometrillä. Laboratorioiden tuloksia verrataan s::can-mittausjärjestelmän tuloksiin.

2 Roal Oy

Roal Oy on perustettu vuonna 1991 Rajamäelle ja vuodesta 1999 lähtien Roalin omistajia ovat olleet brittiläinen Associated British Foods ja kotimainen Altia. Roal tekee yhteistyötä tuotteiden myynnissä ja markkinoinnissa AB Enzymesin kanssa. [2.]

Roal valmistaa fermentoimalla entsyymejä *Trichoderma*, *Aspergillus* ja *Bacillus* –kannoista. Lopputuotteet ovat joko nestemäisiä, tai jauheita ja niitä käytetään eri teollisuuden aloilla, muun muassa elintarviketeollisuudessa, leivonnassa, rehuteollisuudessa ja teknisissä sovelluksissa. Tuotantolaitosta Rajamäellä on laajennettu kaksi kertaa ja kolmas laajennus on valmistumassa vuoden 2017 kesän aikana. Vuonna 2016 henkilöstöä Rajamäellä oli 144, ja liikevaihto vuonna 2014–2015 oli 57 milj. €. [1;2;3.]

3 Tehtaan jätevedet

Vuonna 2015 tehtaalla muodostui 164 300 m³ jätevettä. Kokonaislukema on saatu jäteveden virtausmittarilta, joka laskee kuukausittaisen lukeman. Tehtaan jätevedet koostuvat pääasiassa säiliöiden, laitteiden ja linjojen CIP (Cleaning In Place)–pesuista, jäähdytys- ja tiivistevesistä sekä sosiaalijätevesistä. Jäteveden COD-pitoisuudelle on asetettu viikko- ja päiväluparajat ja mahdolliset sanktiomaksut tulevat Altian kanssa tehdyn sopimuksen luparajaylityksistä.

Tehtaan jätevedet menevät viemäreistä valuma-altaaseen, josta ne pumpataan 200 kuutioiseen kokoomasäiliöön, josta ne pumpataan eteenpäin pH:n säätösäiliöön. pH:n säädön jälkeen Roalin jätevedet pumpataan samaan jätevesiverkkoon Altian jätevesien kanssa, josta ne pumpataan kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon. Uuden laajennuksen myötä voidaan korkean COD-pitoisuuden omaavia jätevesiä ohjata sivuun päästösäiliöön ennen kuin ne pääsevät 200 kuutioiseen kokoomasäiliöön. Päästösäiliö voidaan tyhjentää säiliöautolla ja kuljettaa muualla käsiteltäväksi esimerkiksi Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle. Näin voidaan varmistaa, että jätevedet, joissa on korkea COD-pitoisuus, eivät päädy kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon ja siten kuormita vesistöä.

4 Orgaaninen kuormitus

Orgaaninen aines esiintyy jätevesissä erilaisina kemiallisina yhdisteinä ja eri hajoamisvaiheissa aiheuttaen hapettumista, jonka seurauksena vesistöt rehevöityvät ja veden happipitoisuus pienenee. Orgaanisen aineksen kokonaismäärän selvittäminen on monimutkainen prosessi, ja se vaatii eri menetelmiä sekä niiden tulosten vertailemista keskenään.

Jäteveden orgaanisen aineen määrää voidaan mitata kemiallisena hapenkulutuksena (COD), biokemiallisena hapenkulutuksena (BOD) ja orgaanisena kokonaishiilenä (TOC). COD-arvoon sisältyy vaikeasti hajoavan orgaanisen aineen aiheuttama hapenkulutus. BOD-arvo indikoi helposti biohajoavan orgaanisen aineen aiheuttamaa hapenkulutusta. [4, s. 123.]

Mikro-organismit hajottavat jäteveden orgaanista ainesta, mikä kuluttaa veteen liuennutta happea. Jos teollisuusjätevedet sisältävät paljon orgaanista ainetta, niistä aiheutuva kuormitus voi ylittää jätevedenpuhdistamon kapasiteetin ja ilmastusaltaiden hapetustehon. Erityisesti orgaanisen kuormituksen suuret vaihtelut voivat aiheuttaa häiriöitä biologiselle puhdistusprosessille. [5, s. 37.]

4.1 Biokemiallinen hapenkulutus

Biokemiallinen hapenkulutus (Biochemical Oxygen Demand, BOD) tarkoittaa sitä happimäärää (mg/l), joka kuluu orgaanisten aineiden biologiseen hajottamiseen tietyissä olosuhteissa ja tietynä aikana. Useimmiten aika, jota BOD-testeissä kuvataan alaindeksinä esim. BOD₅, on 5 tai 7 vuorokautta ja lämpötila 25 °C. BOD-testi pyrkii jäljittelemään luonnollista hajoamistapahtumaa. Happea vaativat hajottajaorganismit, pääasiassa bakteerit, hajottavat veden orgaanista ainesta ja käyttävät sitä kasvuunsa ja energiatarpeen tyydyttämiseen. Menetelmällä saadaan selvitettyä veden sisältämän helposti hajoavan orgaanisen aineksen määrä. Määrittäminen käytetään paljon jäteveden orgaanisen aineksen poistoprosessien tehokkuuden kuvaamiseen. BOD-testin toistettavuus on hankalaa, koska BOD muuttuu ajan kuluessa ja jotkin jäteveden haitalliset aineet, kuten kloridi- ja typpiyhdisteet, voivat estää mikrobien toimintaa ja siten hapettuminen voi estyä. [6, s.460.]

4.2 Kemiallinen hapenkulutus

(COD, Chemical Oxygen Demand) kuvaa sitä happimäärää, joka tarvitaan vedessä olevan orgaanisen aineksen pelkistämiseen kemiallisilla menetelmillä. Mitä suurempi jäteveden COD-arvo (yksikkönä yleensä mg/l) on, sitä enemmän jätevesipäästöt kuluttavat vesistöissä happea. Tämä parametri on tärkeä tarkkailtaessa veden laatua, ja se on laajalti käytössä analyttisissä laboratorioissa. Mittauksen etuja ovat lyhyt analyysiaika, yksinkertaisuus ja parempi toistettavuus verrattuna BOD-määrittämiseen. BOD-arvo voidaan laskea COD-tuloksesta, vaikkakin BOD-COD-suhde voi vaihdella suuresti erityyppisten näytteiden välillä. Vaihtuvuus johtuu siitä, että joillakin bakteereilla on parempi hapettamiskyky kuin millään kemiallisella hapettimella, ja taas toisaalta kemiallinen hapettuminen voi olla täydellisempää kuin bakteerien avulla tapahtuva biologinen hapettuminen. [6, s. 466.]

5 s::can COD -mittausjärjestelmä

Roalille hankittu mittari on s::can spectro::lyser™, joka on yhdistetty moni::tool-järjestelmään (kuva 1). Tästä järjestelmästä saa vietyä tärkeimmät tiedot automaatioon, sekä mittaria pystyy kalibroimaan ja säätämään moni::toolin avulla. Roalin käyttämään Metso DNA -automaatiojärjestelmään tuodaan s::can COD -mittausjärjestelmästä COD mg/l lukema sekä absorbanssilukemat 254 ja 290. Absorbanssilukemat 254 ja 290 valittiin aikaisemmista Roalin laboratorion COD-tutkimuksista sekä laitteen toimittajan ja konsulttiyrityksen suosituksesta.

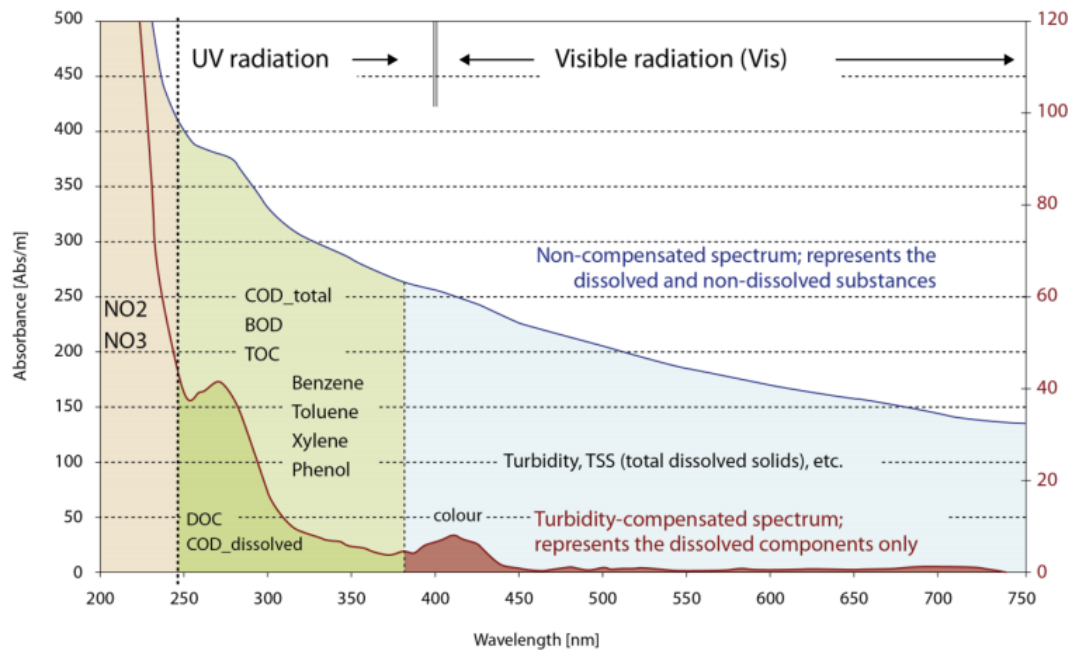


Kuva 1. scan spectrolyser™ COD -mittari kiinni linjassa ja monitorointijärjestelmä ylhäällä. [9, s. 2.]

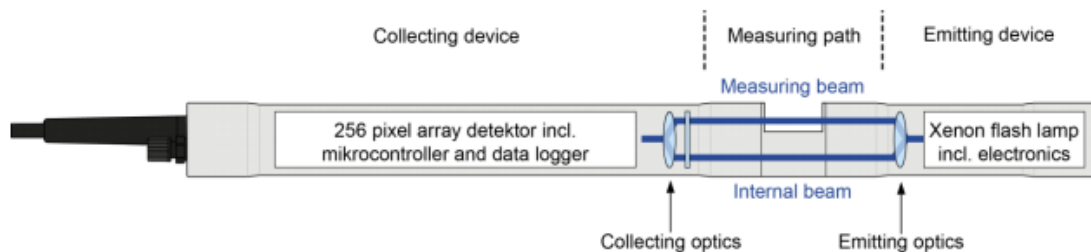
Tärkeimpiä säätöjä mittarin kannalta ovat mittauksen aikaväli ja automaattisen paineilmapuhdistuksen aikaväli. Näytteiden analysoiminen ja tallentaminen tehdään monitorointilaitteiden avulla. Mittausaikaväliksi asetettiin mittarilla 60 sekuntia (pienin mahdollinen aikaväli) ja paineilmapuhdistuksen väliksi kymmenen minuuttia. Paineilmapuhdistuksessa mittarin läpi puhalletaan paineilmaa 5 sekuntia, jolloin suurimmat kiintoaineet saadaan poistettua optisen mittausalueen ympäriltä. Tämä mekanismi ei kuitenkaan ollut tarpeeksi riittävä, ja siksi COD-mittarille laadittiin oma puhdistusohje (liite 2).

Mittarilla on maailmanlaajuiset kalibraatioasetukset valmiiksi asennettuna, mutta sen voi kalibroida myös tarkemmin tietylle jätevedelle. Tässä työssä ei kalibroitu mittaria erikseen. Mittausjärjestelmässä on UV-Vis-spektrometri aallonpituusalueella 190-720 nm ja se voi mitata kahdeksaa eri parametria, joista tärkeimpiä ovat TSS (kiintoaine), NO₃-N (typpipitoisuus) ja COD (hapen kemiallinen kulutus). Kuvassa 2 on mittarin aallonpituus- ja absorbanssialueet ja kuva 3 havainnollistaa mittarin optiikkaa. Mittarin toimintaperiaate on scan-yrityksen salaista tietoa, mutta käytännössä se muodostaa kaikkien mitattavien parametrien kesken ns. "fingerprint"-spektrin (kuva 2) ja laskee siitä COD-pitoisuutta (mg/l) ottaen huomioon kaikki mitattavat parametrit ja koko

aallonpituuden. Tämä "fingerprint" sisältää paljon enemmän informaatiota mitattavasta näytteestä, kuin vain yhtä aallonpituutta käyttävä fotometri. [8, s. 14-15.]



Kuva 2. s::can spectro::lyser™:n spektrometrinen alue "fingerprint". [9, s. 3.]



Kuva 3. Mittarin optiikka. Jätevesi kulkee mittauspolun kohdalla, ja spektrometri mittaa minuutin välein arvoja. [9, s. 3.]

6 Mahdolliset häiriöpäästöt jätevedeen

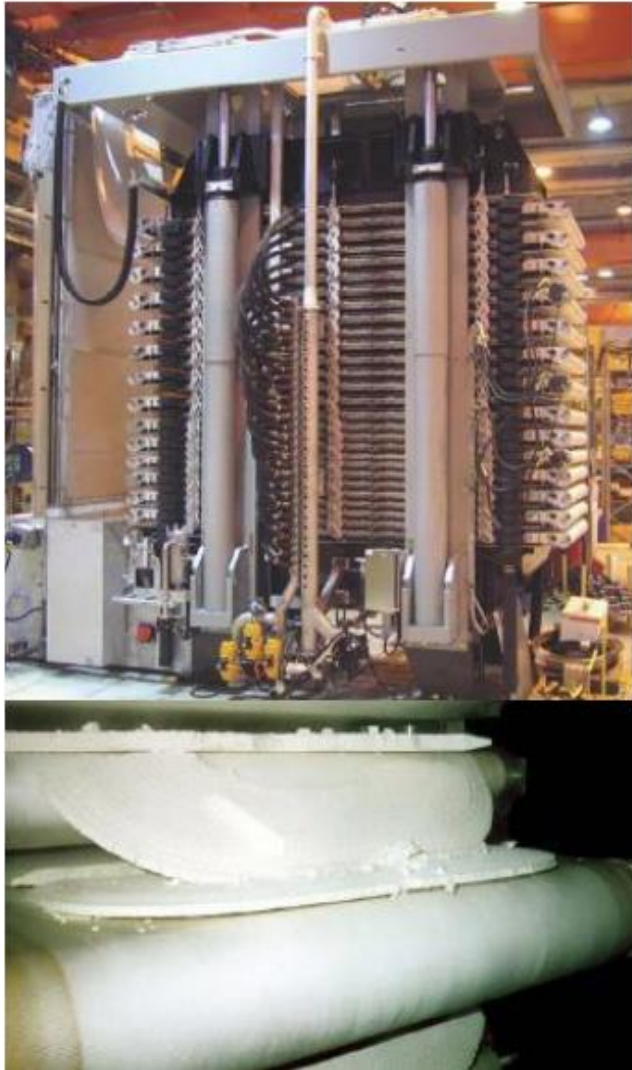
Tehtaan häiriöpäästöjä kartoitettiin jo aiemmin tapahtuneiden päästöjen perusteella sekä todennäköisimpien päästöjen kannalta. Häiriöpäästöjä voi tapahtua inhimillisen virheen tai laiterikon takia, joten on mahdollista, että jäteveden orgaaninen kuormitus voi hetkellisesti nousta hyvin paljon tai kuormittua tasaisesti pitkällä aikavälillä.

6.1 Kasvatusliuos

Kasvatusliuos, jossa entsyymit alkavat muodostua, koostuu bakteerien tai homeiden lisäksi yleensä tärkkelyspohjaisesta raaka-aineesta esim. vehnäleseestä, glukoosista ja eri suoloista. Osaan kasvatuksista ja niiden kasvatusalustoihin käytetään enemmän steriloitua glukoosia kuin toisiin. Kasvatusalustan raaka-aineista riippuen joissakin kasvatusliuoksissa on korkeampi COD-pitoisuus kuin toisissa. Kasvatusliuosta siirretään eteenpäin säiliöstä toiseen käsin linjattavien käyrien kautta, mutta laajennuksen myötä kesällä 2017 suuri osa käsilinjauksista on poistumassa. Siirtokäyrä voi olla huonosti kiinni ja siten viemäriin voi päästä kasvatusliuosta. Osa kasvatuksista voi myös vaahdota hiukan säiliösiirron loppuvaiheessa. Fermenttoriin jäävää vaahtoa on vaikea saada huuhdottua eteenpäin seuraavaan säiliöön, ja se voidaan joutua pesemään pois CIP-pesulla, mistä aiheutuu COD-päästöjä.

6.2 Painesuodatettu kasvatusliuos

Kasvatusliuosta suodatetaan kahdella Outotecin Larox-painesuodattimella (kuva 4). Painesuodatus perustuu paine-eroon, jossa entsyymituote puristuu kankaan läpi ja kankaaseen jää suodatusapuainetta ja solumassaa. Kuvassa 4 näkyvien mustien letkujen rikkoutuminen on ollut yleisin päästöjen aiheuttaja painesuodattimilla. Letkuissa kulkee kankaalta puristunutta entsyymituotetta. Letkut kuluvat ja lopulta rikkoutuvat painesuodatuksen paine-eroista johtuen, ja tällöin tuotetta pääsee viemäriin suuria määriä nopeasti. Painesuodattimessa ja sitä ennen olevissa linjoissa on myös monia pantaliitoksia ja venttiileitä, joiden rikkoutuminen voi myös aiheuttaa päästöjä jätevedeen.



Kuva 4. Larox-painesuodatin ja alhaalla kuvassa kankaan ”kakkua” eli suodatusapuaineita ja solumassaa. [7, s.15.]

6.3 Ultrasuodatettu konsentraatti

Ultrasuodatettua konsentraattia eli valmista entsyymituotetta siirretään säiliöstä toiseen, ja mahdolliset käsiventtiilien väärät asennot tai vuodot siirtokäyrissä voivat aiheuttaa päästöjä. Lisäksi jos linjasyrjäytyksiä ei tehdä, jää tuotetta linjaan ja se huuhtoutuu CIP-pesun myötä viemäriin. Automaatiojärjestelmän sekvensseissä on vedellä tehtävät tuotesyrjäytykset siirtojen jälkeen, mutta osa siirroista tehdään käsin ja silloin inhimillinen virhe voi tapahtua. Ultrasuodatettu konsentraatti voi olla joko valmis tuote kuivattavaksi spray-kuivurilla jauheeksi tai nestemäinen puolivalmiste, jota käytetään eri entsyymituotteiden valmistuksessa. Puolivalmisteita pumpataan IBC-konteista säiliöön,

jossa valmistetaan entsyymituotetta, ja sen aikana voi syntyä päästöjä viemäriin letkurikon tai liittimen huonosta asennosta johtuen.

6.4 Ultrasuodatuksen permeaatti

Permeaatti on jätettä, jota muodostuu ultrasuodatuslaitteistosta, kun paine- ja levysuodattettua entsyymituotetta konsentroidaan pienempään tilavuuteen. Permeaatti on hyvin fosforipitoista ja sen laatu vaihtelee paljon, koska eri tuotantokannoissa käytetään eri suoloja ja suolamääriä riippuen kasvatusalustasta. Kaikki permeaatti kerätään yhteen kokoomasäiliöön, josta sitä tyhjennetään tuotantomäärien mukaan säiliöautolla Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle. Päästöjä voi syntyä säiliöauton lastauksen aikana tai sen jälkeen, esim. käsiventtiilien vääristä asennoista tai lastausletkun rikkoutumisesta.

6.5 Glukoosi

Glukoosia käytetään kasvatusalustoissa ja lisäravinteena kasvatuksille. Glukoosia toimitetaan säiliöautolla tehtaalte tuotannon tarpeen mukaan. Saapuvaan glukoosiin lisätään 1,5 % kokonaispainosta Roalin omaa entsyymiä, joka parantaa glukoosin laadullisia ominaisuuksia ja estää sen jähmettymistä. Glukoosia voi päästä viemäriin säiliöauton lastauksessa esim. letkurikko tai lastattavan säiliön yli kuohuminen. Glukoosi aiheuttaa suuria COD-päästöjä jo hyvin pienissä määrissä. Lisäksi se on lähes väritöntä ja siksi se on vaikea mitattava spektrometrillä s::can COD -mittarilla.

6.6 Steriloitu glukoosi

Glukoosi steriloidaan syöttämällä höyryä suoraan liuokseen ja sterilointisäiliön vaippaan. Tätä kutsutaan panossteriloinniksi, ja siinä on kolme vaihetta: lämmitys, pito ja jäädytys. Glukoosin väri muuttuu steriloinnin jälkeen ruskehtavaksi. Steriloitua glukoosia voi jäädä sterilointisäiliön pohjalle ja syöttölinjaan, kun lisäravinteen syöttö loppuu, ja siten joutua CIP-pesun mukana viemäriin. On siis ensisijaisen tärkeää saada sterilointisäiliö tyhjäksi, jotta glukoosia ei päädy viemäriin.

7 Mittaukset ja tulokset

7.1 Mittaukset

Kun todennäköisimmät häiriöpäästöjen liuokset oli valittu, valittiin pitoisuudet, joissa niitä sekoitetaan jäteveeseen. Päätettiin käyttää seuraavia pitoisuuksia: 10 %, 5 %, 1 %, 0,5 % ja 0,1 %. Liitteessä 1 on kaikki näytteet ja pitoisuudet. Jokaisen näytteen kokonaispaino oli 200 g, joten esimerkiksi ultrasuodatetun konsentraatin 10 %:n liuos valmistettiin punnitsemalla 180 g jätevettä ja 20 g ultrasuodatettua konsentraattia. Jätevettä, jota kaikkien liuosten tekoon käytettiin, otettiin yhteensä 8 litraa samasta linjasta, jossa COD-mittari sijaitsee. Jätevesi pyrittiin ottamaan mahdollisimman normaalina ja neutraalina ajankohtana, jolloin minkään laitteen pesu ei ollut käynnissä. s::can COD -mittari näytti näytteenottohetkellä COD mg/l pitoisuudeksi 52 mg/l. Roalin laboratorion mittauksissa jätevedelle saatiin tulos 141 mg/l ja Altian laboratoriossa 123 mg/l.

COD-pitoisuuden mittaukset tehtiin kolmella eri mittauslaitteella: spektrometri s::can COD -mittarilla (kuva 5), Roalin laboratorion fotometrillä (kuva 6) ja Altian laboratorion spektrofotometrillä (kuva 9). Mittaustuloksia käsitellään luvussa 7.4.

7.1.1 s::can COD -mittari

Jätevesimittari poistettiin seinustalta ja jätevesilinjasta ja laitettiin vaaka-asentoon (kuva 5) mittausten helpottamiseksi. Järjestelmästä valittiin ”Service”-tila, jotta mittari ei automaattisesti mittaa 60 sekunnin välein. Näytteitä pystyi näin analysoimaan yhden kerrallaan ja jokaisen näytteen pystyi nimeämään erikseen. Mittaustulokset jäivät talteen järjestelmän muistiin.

Mittari pestiin puhdistusohjeen mukaisesti (liite 2), kun se otettiin pois tuotannon käytöstä ja sillä alettiin mittaamaan näytteitä. Kaikki näytteet valmistettiin Roalin laboratoriossa. Ennen mittausta näytettä ravistettiin näytepullossa reilusti. Mittari huuhdottiin runsaalla vedellä jokaisen mittauksen jälkeen. Kuvassa 5 näkyy mittarin ympärille pujotettu holkki, jonka keskelle kaadettiin 20 ml mitattavaa näytettä. Sen jälkeen moni::tool-järjestelmästä aloitettiin näytteen analysointi, joka kesti 30 sekuntia.

Jokainen näyte mitattiin kahdesti ja niiden COD mg/l keskiarvoa käytettiin myöhemmin tulosten analysoimiseen. Mittarilta otettiin talteen absorbanssilukemat 254 ja 290 sekä laskennallinen COD mg/l (liite 1).



Kuva 5. Mitattava liuos kaadetaan keskelle holkkia.

7.1.2 Roalin laboratorion mittaukset

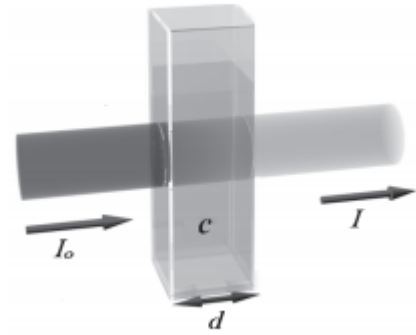
Roalin laboratoriossa käytettiin kuvassa 6 näkyviä laitteita sekä Spectroquant COD cell test -näyteputkia. Spectroquant-näyteputkien toimintaperiaatteena on jätevesinäytteen hapettaminen kuumalla rikkipitoisella kaliumdikromaatilla hopeasulfaatin toimiessa katalyyttina. Näyteputkissa on kloridia, joka on sodittu elohopeasulfaatilla. Muodostuneiden vihreiden Cr^{3+} -ionien pitoisuus mitataan fotometrillä. [11, s. 1-2.]



Kuva 6. Vasemmalla kuvassa Spectroquant Nova 60 -fotometri ja oikealla Spectroquant TR 320 -lämpöuuni. [10.]

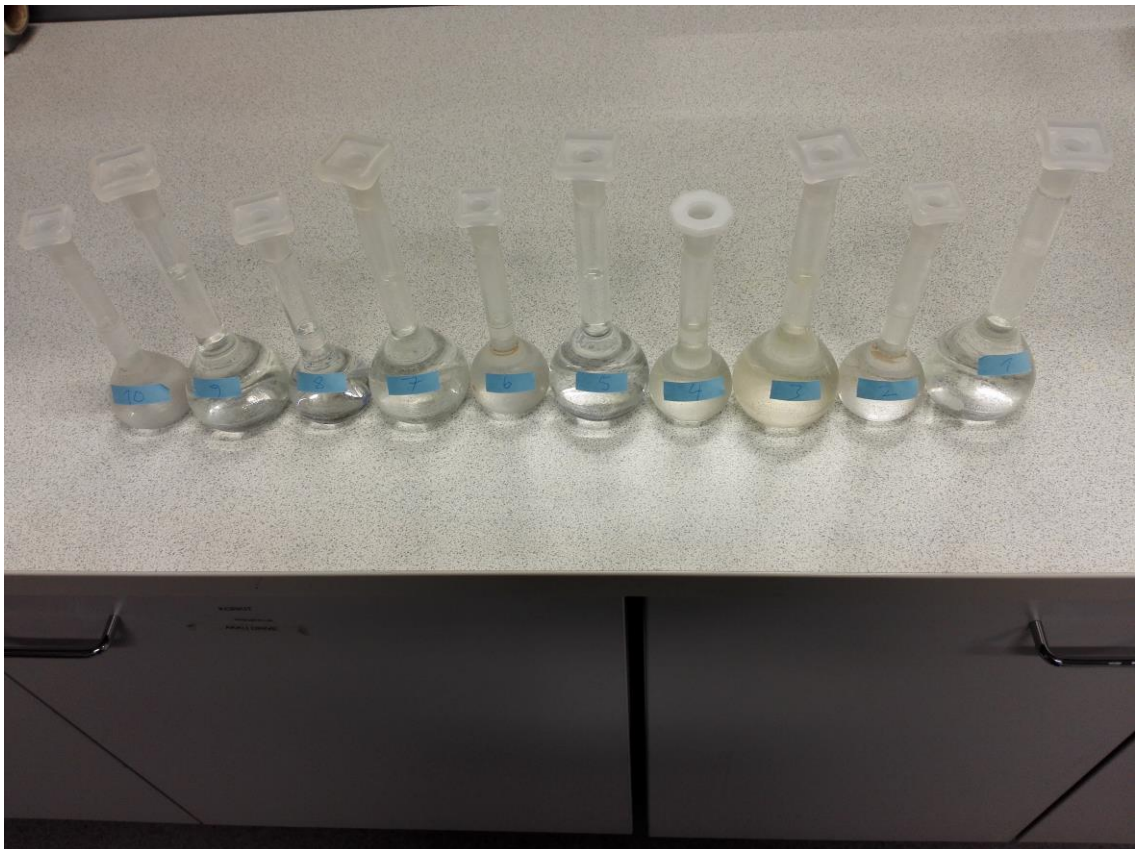
Jätevesinäytteiden lisäys COD cell test -näyteputkiin tehtiin laboratorion vetokaapissa, johtuen COD cell test -näyteputkien sisältämisestä haitallisista aineista, ja näytteiden mittausten aikana noudatettiin laboratorion yleisiä turvallisuuskäytäntöjä. Spectroquant COD cell test -näyteputkia ravistettiin ensin koeputkiravistelijassa muutaman sekunnin ajan, jonka jälkeen niihin lisättiin 3 ml mitattavaa jätevesiliuosta. Tämän jälkeen COD cell test -näyteputkia ravistettiin taas koeputkiravistelijassa ja ne siirrettiin lämpöuuniin. Näytteitä kuumennettiin kaksi tuntia 148 °C:ssa, jonka jälkeen näytteet otettiin huoneenlämpöön, odotettiin 10 minuuttia ja sekoitettiin koeputkiravistelijalla. Näytteiden annettiin vielä jäähtyä 30 minuuttia, jonka jälkeen ne mitattiin kuvan 6 fotometrillä.

Fotometrillä lähetetään valoa näyteputken läpi (kuva 7) ja valon intensiteetti heikkenee näyteputken toisella puolella, eli toisin sanoen näyteputken liuos absorboi osan valosta. Fotometri mittaa absorbanssia, joka noudattaa Beerin ja Lambertin lakia $A = \epsilon c l$, missä ϵ on molaarinen absorptiokerroin, c aineen pitoisuus ja l on valon liuoksessa kulkema matka. Spectroquant Nova 60 -fotometri eroaa tavallisesta fotometrissä siten, että sillä voidaan analysoida monia eri testinäyteputkia, jotka se tunnistaa näyteputkessa olevan viivakoodin perusteella ja sen perusteella Nova 60 fotometri antaa tulokset suoraan yksikössä COD mg/l ja valitsee oikean skaalan tulosten näyttämiseksi. [12.]



Kuva 7. Fotometrillä lähetettävän valon intensiteetin (I) heikkeneminen. [12.]

Väkevimmät liuokset piti laimentaa (liite 1, kuva 8), koska käytettävien Spectroquant COD cell test -näyteputkien mittausalue oli vain 25–1500 mg/l. Laimennoksia tehtiin 1:100, 1:50, 1:10, 1:5 ja ne näkyvät liitteessä 1 eri väreinä. Kaikkiin laimennoksiin käytettiin tislattua vettä.



Kuva 8. Mitattavia jätevesiliuoksia ja niiden laimennoksia.

7.1.3 Altian laboratorion mittaukset

Työssä haluttiin käyttää myös Altian laboratoriota vertailukohteena omien mittausten lisäksi, koska Altialla tehdään päivittäiset COD-mittaukset Roalin jätevesinäytteille. Altialla on laboratoriossaan käytössä isomman mittausalueen COD-testiputkia (1000-10 000 mg/l), joten 1-prosenttisia liuoksia ei tarvinnut laimentaa, ja spektrofotometri (kuva 8). Altialle toimitettiin kaikista eri näytetyypeistä seuraavat pitoisuudet: 1 %, 0,5 % ja 0,1 %, sekä glukoosista laimennettu 10 % ja 5 %.

COD-testinäyteputkien valmistaminen tehtiin samalla periaatteella kuin Roalin laboratoriossa, mutta ainoana erona näytteitä pidettiin lämpöuunissa 170 °C:ssa 15 minuuttia. Näytteiden analysointi oli siten huomattavasti nopeampaa.



Kuva 9. Altian laboratorion laitteet. Vasemmalla kuvassa Hach DR3900 -spektrofotometri ja oikealla Hach HT200S -lämpöuuni.

7.2 Tulokset

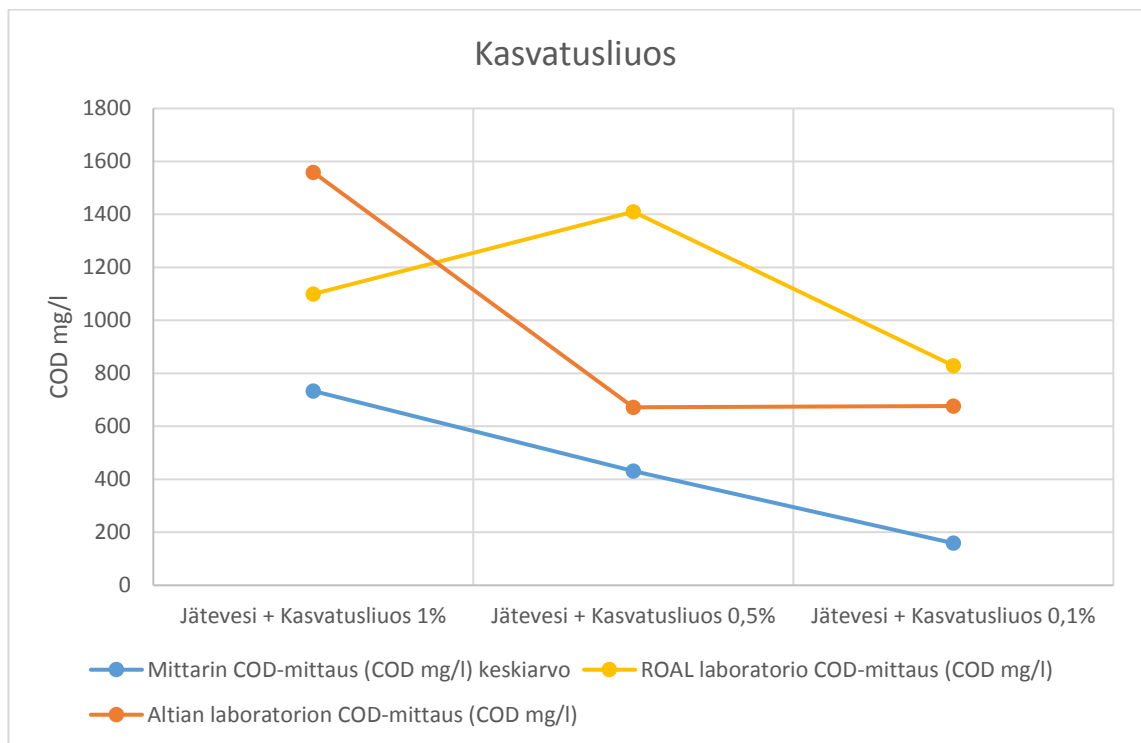
Kaikki tulokset on esitetty liitteessä 1 ja jokaisesta häiriöpäästöstä on tehty kuvaaja, joita seuraavissa alaotsikoissa käydään läpi. Suurimmat pitoisuudet 10 % ja 5 % on jätetty pois kuvaajista, koska niiden COD-pitoisuus on huomattavasti suurempi kuin pienemmillä pitoisuuksilla 1 %, 0,5 % ja 0,1 % . Suurimmat pitoisuudet pystytään havaitsemaan COD-mittarilla, joten niiden käsittely kuvaajissa hankaloittaa vain kuvaajien tulkitsemista. Altialle ei lähetetty näytteitä suurimmista pitoisuuksista edellä mainituista syistä. Kuvaajissa näkyvä mittarin COD-mittausarvo, COD mg/l, on kahden näytteen keskiarvo (liite 1).

Normaalitilanteessa, kun tehtaalla ei ole pesuja käynnissä, jäteveden COD-mittari näyttää alle 100 mg/l. Kaikissa kuvaajissa ja tuloksissa toistuu sama piirre: COD-mittarin COD mg/l -arvo on selvästi pienempi kuin laboratorioden tulokset. Kemiallisella hapetusmenetelmällä tehdyt COD cell test -näyteputket antavat lähelle oikeaa olevan tuloksen, koska kemiallisella hapetusmenetelmällä tehdyt COD-testit ovat luotettavimpia kuin spektrofotometriset mittaukset, johtuen orgaanisen aineksen luonteesta. COD-mittarilla on selvää korrelaatiota laboratorioden mittauksiin kaikissa muissa näytteissä paitsi glukoosissa.

Roalin laboratoriossa tehdyt mittaukset poikkeavat jonkin verran Altian ja COD-mittarin tuloksista. Mahdollisia syitä tälle poikkeamalle ovat mittausvirheet, Altian laboratorion käyttämät eri mittauslaitteet ja analyysit sekä eri skaalan COD-testinäyteputket laboratorioden välillä.

7.2.1 Kasvatusliuos

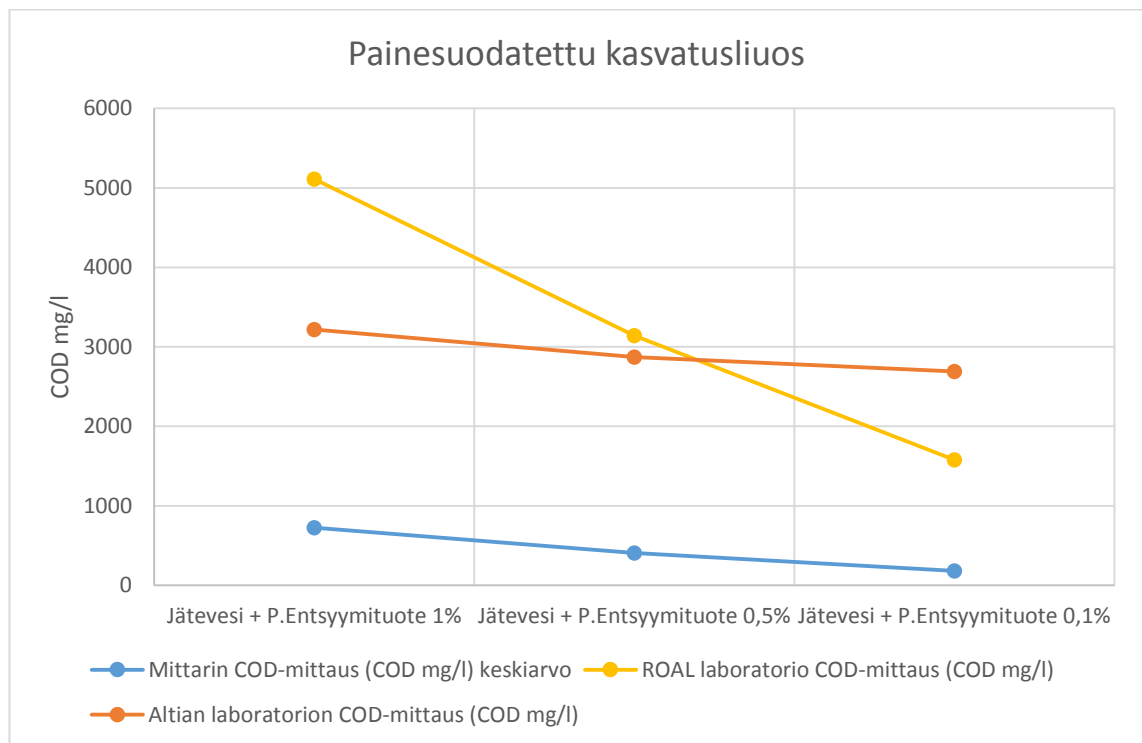
COD-mittarilla mitatut kasvatusliuoksen pitoisuudet 1 %, 0,5 % ja 0,1 % muodostavat kuvassa 10 suoran. Kasvatusliuokseen oli lisätty hiekkaa eli suodatusapuainetta, joten se oli yksi sameimpia näytteitä. Se saattaa vaikuttaa laboratoriossa tehtyihin tuloksiin, mutta COD-mittarin käyttämä ”fingerprint” ottaa huomioon kiintoaineen mittauksissa. Roalin laboratoriossa mitattu kasvatusliuos 0,5 % poikkeaa kuvaajassa, ja kyseessä on todennäköisesti mittausvirhe tai fotometrin heikko mittaustarkkuus. Kuvaajasta voidaan todeta, että s::can COD -mittarilla pystytään tunnistamaan häiriöpäästöjä, jotka sisältävät kasvatusliuosta.



Kuva 10. Kasvatusliuoksen COD-pitoisuus y-akselilla ja x-akselilla näytteen nimi ja pitoisuus.

7.2.2 Painesuodatettu kasvatusliuos

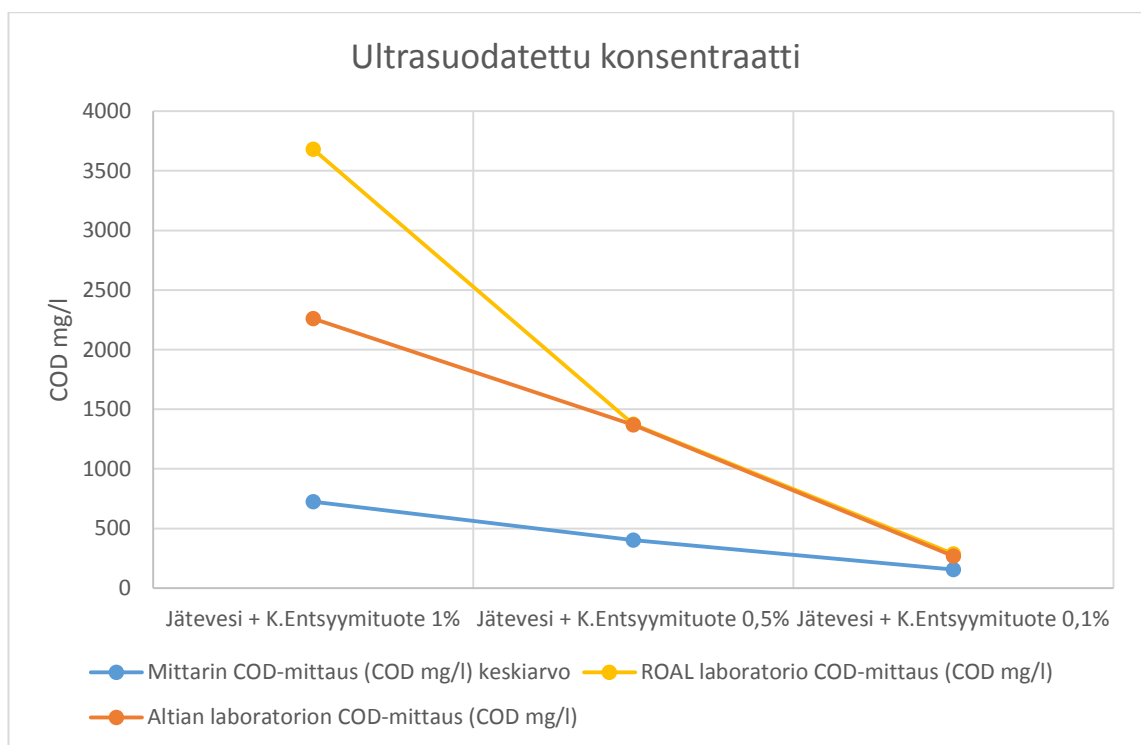
Kuvassa 11 on x-akselilla termi ”P.Entsyymituote”, jolla tarkoitetaan painesuodatettua kasvatusliuosta. COD-mittarin COD mg/l laskee kuvassa lineaarisesti samalla tavalla kuin Altian laboratorion mittaukset. Roalin laboratoriossa tehdyt mittaukset lähtevät korkeammalta ja laskevat jyrkemmin. Painesuodatettu kasvatusliuos sisältää vielä pieniä partikkeleita ja ehkä myös epäpuhtauksia. Se suodatetaan vielä levysuodattimella, mikä kirkastaa sitä ennen ultrasuodatusta. Suuremmat pitoisuudet 10 % ja 5 % (liite 1) sekä 1 % ja 0,5 % painesuodatettua kasvatusliuosta jätevedessä pystytään havaitsemaan COD-mittarilla.



Kuva 11. Painesuodatetun kasvatusliuoksen COD-pitoisuus y-akselilla ja x-akselilla näytteen nimi ja pitoisuus.

7.2.3 Ultrasuodatettu konsentraatti

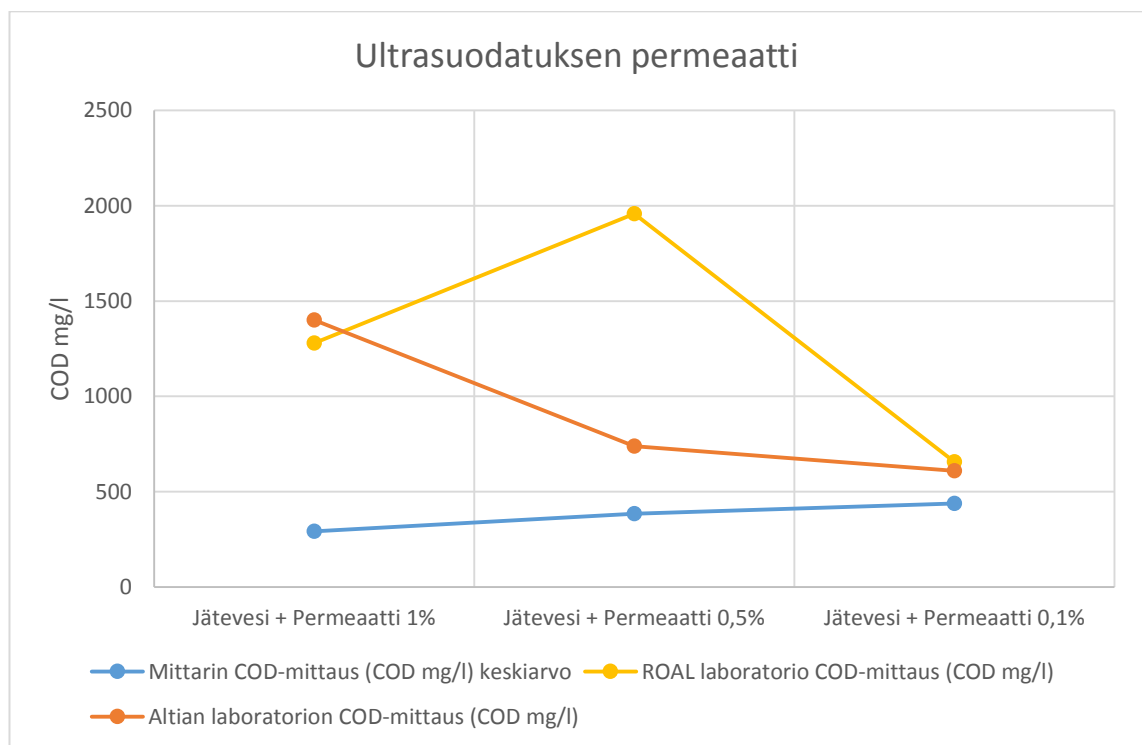
Kuvassa 12 on x-akselilla termi "K.Entsyymituote", jolla tarkoitetaan ultrasuodatettua konsentraattia. Ultrasuodatettu konsentraatti on valmis entsyymituote, jota käsitellään hyvin paljon tehtaalla. Kuvasta 11 nähdään, että kaikki tulokset korreloivat toisiaan hyvin. Valmista entsyymituotetta sisältävää jätevettä pystytään siis havaitsemaan s::can jäteveden COD-mittarilla. Valmis entsyymituote on väriltään usein hyvin tummaa, ja siksi se on helppo havaita mittarilla.



Kuva 12. Ultrasuodatetun konsentraatin COD-pitoisuus y-akselilla ja x-akselilla näytteen nimi ja pitoisuus.

7.2.4 Ultrasuodatettu permeaatti

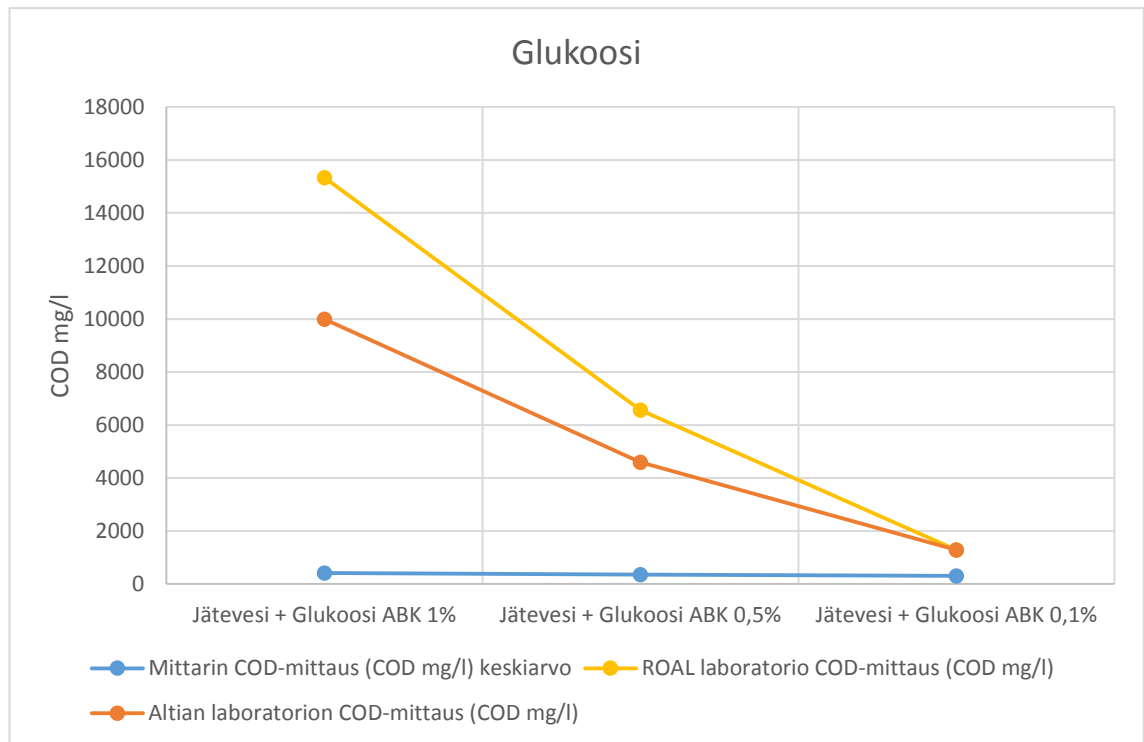
Ultrasuodatuksesta muodostuva permeaatti kerätään samaan säiliöön ja kaikkien eri fermentointien permeaattit sekoittuvat keskenään ja seoksen laatu vaihtelee paljon. Tuloksista näkyy, että 0,5-prosenttisen permaattiliuoksen tulos vaihtelee paljon. Permeaatti on ominaisuuksiltaan kirkkaampaa kuin entsyymituote, mutta johtuen eri tuotantokantojen vaihtuvuudesta sillä on myös eri väriskaaloja. COD-mittarilla mitatut permeaatin suuremmat pitoisuudet 10 % (1712 COD mg/l) ja 5 % (906 COD mg/l) pystytään havaitsemaan, koska niiden tulokset ovat paljon suurempia verrattuna permeaatin pienemmän pitoisuuden liuoksiin, joissa kaikissa COD mg/l on alle 500. (liite 1). Permeaatin häiriöpäästöriski vähenee huomattavasti tehtaan laajennuksen yhteydessä, kun permeaattisäiliöön asennetaan automaattiventtiilit korvaamaan käsiventtiilit.



Kuva 13. Ultrasuodatuksen permeaatin COD-pitoisuus y-akselilla ja x-akselilla näytteen nimi ja pitoisuus.

7.2.5 Glukoosi

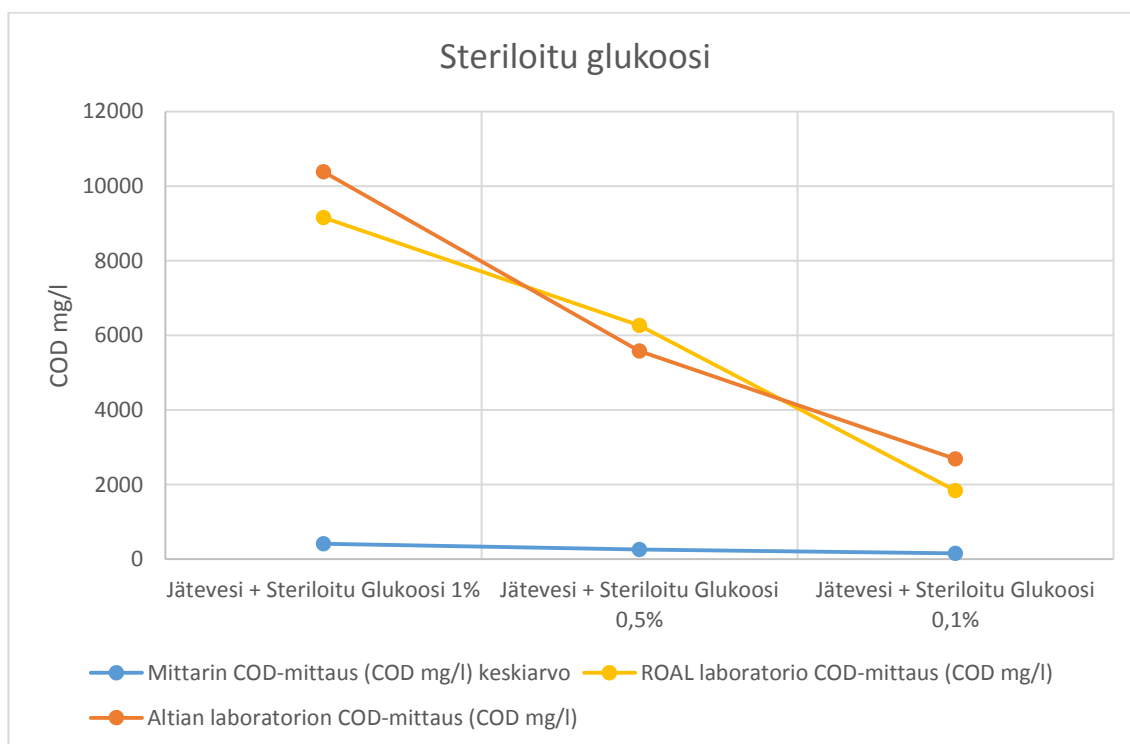
X-akselilla käytettävä termi ”Glukoosi ABK” tarkoittaa glukoosia, johon on lisätty Roalin omaa entsyymiä. ABK:ta lisätään n. 1,5 % saapuvaan glukoosikuormaan, ja se estää glukoosin jähmettymistä. s::can COD -mittarilla haastavin mitattava aine, eli glukoosi ei näy mittarilla pienissä pitoisuuksissa juuri lainkaan, mutta sen oikea COD mg/l -arvo on todella suuri (kuva 14). Suuremmatkaan pitoisuudet eivät heilauta mittarin COD mg/l arvoa merkittävästi (liite 1). Glukoosi on lähes väritöntä, ja siksi se on hankalasti havaittavissa s::can COD -mittarin spektrometrisessä mittauksessa, toisin kuin kemiallisilla COD-näyteputkitesteillä, joita käytettiin Roalin ja Altian laboratorion mittauksissa.



Kuva 14. Glukoosin COD-pitoisuus y-akselilla ja x-akselilla näytteen nimi ja pitoisuus.

7.2.6 Steriloitu glukoosi

Steriloitu glukoosi on hieman ruskehtavaa, ja se näkyy hiukan paremmin COD-mittarilla kuin tavallinen glukoosi. Mittarin COD-mittaus ei kuitenkaan ole lähellä oikeaa COD mg/l -lukemaa, jonka laboratorion kemialliset testit antavat. Suurena pitoisuutena 10 % steriloitua glukoosia jätevedessä mittari antaa keskiarvon kahdelle näytteelle 2633 mg/l (liite 1). Laboratorioiden tulokset korreloivat hyvin.



Kuva 15. Steriloidun glukoosin COD-pitoisuus y-akselilla ja x-akselilla näytteen nimi ja pitoisuus.

8 Johtopäätökset ja pohdinta

Mittaustuloksista (liite 1) päätellen s::can COD-mittarilla pystytään havaitsemaan suurimmat pitoisuudet (10 % ja 5 %) entsyymiliuoksia sisältävät jätevedet. Eri häiriöpäästöjen kuvaajista pystytään päättelemään, että kasvatusliuos, painesuodatettu ja ultrasuodatettu enstyymituote pystytään havaitsemaan hyvin mittarilla. Mittarin COD mg/l arvot ovat pienemmät kuin laboratorioden, mutta mittarin kalibroinnilla voidaan mahdollisesti vaikuttaa skaalaan tai jos normaalilanteessa jäteveden COD mg/l mittarilla näyttää alle 100 mg/l voidaan häiriöpäästöön reagoida jos mittari näyttää esimerkiksi 1000 mg/l 5 minuuttia.

Erityisesti glukoosi ja pienemmät steriloidun glukoosin pitoisuudet eivät nosta mittarin COD mg/l lukemaa. Mittaria olisi hyvä koittaa kalibroida glukoosia sisältävien jätevesien kannalta.

s::can COD-mittarin linjastoon (kuva 1) tehtiin muutoksia kerran tämän työn aikana, koska jäteveden virtaus ei ollut riittävä mittarille tai virtausta ei tullut mittarille ollenkaan. Tämä johtui siitä, että COD-mittarin käsiventtiili, josta jätevesi virtaa mittarille, oli alun perin asennettu samaan linjahaaraan kuin jäteveden keräilynäytteenottimen venttiili. COD-mittarin käsiventtiili sijoitettiin linjaan keräilynäytteenottimen venttiilin jälkeen.

Tehtaan laajennuksen yhteydessä tässä työssä käytetty mittari siirretään mittaamaan jäteveden COD-pitoisuutta viimeisestä kokoomasäiliöstä, ennen kuin se pumpataan yhdessä Altian jätevesien kanssa kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon. Uusi mittari, joka hankitaan tehtaan laajennuksen yhteydessä, siirretään suoraan jätevesilinjaan ennen 200 m³:sta jäteveden kokoomasäiliötä. Mittarin jälkeen asennetaan venttiili, jonka avaamalla voi ohjata korkean COD-pitoisuuden sisältävää jätevettä suoraan päästösäiliöön. Automaatiojärjestelmässä voidaan asentaa venttiilille aukiehto, kun COD mg/l on ollut tietyn pitoisuuden tietyn aikaa, esimerkiksi 2 minuuttia 1000 mg/l ja sulkiehto kun COD mg/l on laskenut takaisin normaalille tasolle. Päästösäiliö auttaa myös katastrofitapauksissa, koska jo viemäriin joutunutta ainetta voidaan ajaa päästösäiliöön. Ennen laajennusta se ei ollut mahdollista.

Suuri ongelmatekijä COD:n jatkuvassa "online"-mittauksessa on, että mikä sitten on päästöä ja mikä esim. normaalia pesutoimintaa. On siten syytä pohtia, mistä COD-päästöt johtuvat ja miten niitä kohteita, joista jatkuvasti syntyy COD-päästöjä, voidaan

optimoida. Tehtaan jäteveden määrä nousee n. 40 % laajennuksen myötä ja siten myös COD-pitoisuus lisääntyy välttämättömästi jätevesissä. Suuria päästöjä syntyy, kun säiliöitä, linjoja ja laitteita ei tyhjennetä tai ei saada tyhjäksi entsyymituotteesta tai glukoosista. Näihin paneudutaan tehtaan laajennuksen valmistuttua, ja lukuisat venttiilimatriisit tulevat korvaamaan käsilinjaustaulut. Linjoihin asennetaan johtokykyä mittaavia antureita, joilla nähdään, jääkö tuotetta linjaan vai onko vesisyrjäytys ollut riittävä.

Lähteet

- 1 Roal Oy:n tuoteportfolio. Verkkodokumentti. Roal Oy.
<http://www.roal.fi/?page=1028&lang=1>. Luettu 15.5.2016
- 2 Roal Oy:n yritysesittely. Verkkodokumentti. Roal Oy.
<http://www.roal.fi/yritys/yritysesittely.html>. Luettu 15.5.2016
- 3 Roal Oy yritys lukuina. Verkkodokumentti. Roal Oy.
<http://www.roal.fi/yritys.html>. Luettu 15.5.2016
- 4 Franklin L. Burton, George Tchobanoglous, Ryujiro Tsuchihashi, H. David Stensel, Metcalf & Eddy, Inc. 2014. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. Fifth ed., Vol. 1. McGraw-Hill Education, New York.
- 5 Von Sperling, M., De Lemos Chernicharo, C. A. 2005. Biological wastewater treatment in warm climate regions. IWA Publishing, London
Available from:
<http://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/9781780402734.pdf>.
- 6 Leo M.L. Nollet, Leen S. P. De Gelder. 2013. Handbook of water analysis, Third Edition. CRC Press.
- 7 Kaiva.fi. Vedenpoisto. 2014. Verkkodokumentti.
https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Vedenpoisto_Kaiva.pdf. Luettu 1.6.2016
- 8 s::can Water Quality OnLine Waste Water esittelylehti.
- 9 s::can jäteveden mittausjärjestelmän käyttöönotto. 2016. Roal Oy ja Luode consulting. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 10 I-bidder.com. Merck Thermoreactors, Tr 320 Spectroquant, Nova 60. Verkkosivut. <https://www.i-bidder.com/en-gb/auction-catalogues/capital-recovery-group-rabin/catalogue-id-bsccapi10052/lot-0469a0ce-3c9f-495d-8e80-a4f40164f071> Luettu 15.5.2017
- 11 Spectroquant COD cell test näyteputkien käyttöohje. Syyskuu 2001.
- 12 Spectroquant Nova 60 fotometrin käyttöohjeet. Kesäkuu 2014. Saatavilla:
http://www.merckmillipore.com/FI/en/product/Photometer,MDA_CHEM-109751#documentation

Mittaustulokset

P.Entsyymituote = Painesuodatettu kasvatusliuos												
K.Entsyymituote = Ultrasuodatuksen konsentraatti												
Kasvatusliuos = Ennen suodatusta, apuaineet lisätty												
Glukoosi ABK = raaka glukoosi, johon lisätty ABK entsyymi												
Liuos	Mittarin COD-mittaus (COD mg/l)	Aallonpituus 254 (ABS/m)	Aallonpituus 290 (ABS/m)	Mittarin COD-mittaus (COD mg/l)	Aallonpituus 254 (ABS/m)	Aallonpituus 290 (ABS/m)	Mittarin COD-mittaus (COD mg/l) keskiarvo	Aallonpituus 254 (ABS/m) keskiarvo	Aallonpituus 290 (ABS/m) keskiarvo	ROAL laboratorio COD-mittaus (COD mg/l)	Altian laboratorio COD-mittaus (COD mg/l)	Laimennokset
Jätevesi + K.Entsyymituote 10%	5197	1285	1596	5291	1294	1601	5244	1290	1599	19800		1:100
Jätevesi + K.Entsyymituote 5%	3106	702	953	3163	716	970	3135	709	962	9500		1:50
Jätevesi + K.Entsyymituote 1%	733	157	214	716	159	216	725	158	215	3680	2261	1:10
Jätevesi + K.Entsyymituote 0,5%	395	82	108	407	84	111	401	83	110	1375	1369	1:5
Jätevesi + K.Entsyymituote 0,1%	169	24	26	141	23	25	155	24	26	288	269	
Jätevesi + P.Entsyymituote 10%	4565	1410	993	4698	1452	1022	4632	1431	1008	18800		
Jätevesi + P.Entsyymituote 5%	2178	674	475	2365	735	518	2272	705	497	7250		
Jätevesi + P.Entsyymituote 1%	702	218	147	750	233	156	726	226	152	5110	3217	
Jätevesi + P.Entsyymituote 0,5%	406	132	82	411	135	83	409	134	83	3140	2872	
Jätevesi + P.Entsyymituote 0,1%	193	57	35	167	59	37	180	58	36	1580	2690	
Jätevesi + Kasvatusliuos 10%	6603	1750	1156	5027	1486	963	5815	1618	1060	19700		
Jätevesi + Kasvatusliuos 5%	3358	823	537	3152	712	494	3255	768	516	9050		
Jätevesi + Kasvatusliuos 1%	767	168	110	700	169	111	734	169	111	1100	1559	
Jätevesi + Kasvatusliuos 0,5%	426	88	57	437	91	59	432	90	58	1410	672	
Jätevesi + Kasvatusliuos 0,1%	155	29	20	163	28	20	159	29	20	829	677	
Jätevesi + Permeaatti 10%	1786	684	167	1638	691	170	1712	688	169	1200		
Jätevesi + Permeaatti 5%	866	637	95	949	371	96	908	504	96	1150		
Jätevesi + Permeaatti 1%	293	99	36	292	100	37	293	100	37	1280	1401	
Jätevesi + Permeaatti 0,5%	412	62	27	359	66	29	386	64	28	1958	739	
Jätevesi + Permeaatti 0,1%	442	35	24	436	35	24	439	35	24	657	610	
Jätevesi + Steriloitu Glukoosi 10%	2483	362	1270	2783	399	1362	2633	381	1316	85500		
Jätevesi + Steriloitu Glukoosi 5%	1502	207	724	1373	210	724	1438	209	724	42600		
Jätevesi + Steriloitu Glukoosi 1%	414	71	195	416	71	193	415	71	194	9160	10390	
Jätevesi + Steriloitu Glukoosi 0,5%	253	47	103	269	48	106	261	48	105	6270	5581	
Jätevesi + Steriloitu Glukoosi 0,1%	152	29	35	163	28	35	158	29	35	1839	2687	
Jätevesi + Glukoosi ABK 10%	478	97	52	438	92	49	458	94,5	50,5	257900	145700	
Jätevesi + Glukoosi ABK 5%	689	72	45	516	75	47	602,5	73,5	46	72800	69500	
Jätevesi + Glukoosi ABK 1%	480	37	26	349	37	26	414,5	37	26	15340	10000	
Jätevesi + Glukoosi ABK 0,5%	367	33	23	325	34	24	346	33,5	23,5	6560	4598	
Jätevesi + Glukoosi ABK 0,1%	287	29	20	322	28	19	304,5	28,5	19,5	1279	1282	

1 COD-mittarin puhdistusohje tuotannon käyttöön

1.1 Toiminta

Jäteveden COD-mittariin kerääntyy likaa huolimatta mittarin omasta ilmapuhdistuksesta. Mittaustulokset vääristyvät huomattavasti, jos mittari on liian kauan puhdistamatta. Mittari avataan ja puhdistetaan laitevalmistajan omalla pesuaineella. Mittari puhdistetaan kerran viikossa.

1.2 Välineet

- Mittakannu
- s::can Cleaning agent
 - Pesuaine, sijaitsee laboratorion kylmähuoneessa heti oikealla ylähyllyllä
- Puhdistusliinoja
 - Tuotannon laboratoriossa sentrifuugin vieressä
- Puhdistusharja
 - Tuotannon laboratorion kaapissa
- Nitrilihanskat
- Suojalasit

1.3 Puhditus

1. COD-mittarin laittaminen ”Huolto”-tilaan

- a. Kosketa mittarin näyttöä aktivoiaksesi sen ja valitse vasemmalta Service-välilehti.
- b. Paina ”Enter service mode”.
- c. Vahvista pyyntö painamalla ”Yes”.

2. COD-mittarin irrottaminen

- a. Sulje jäteveden kierrätyslinjan käsiventtiili (kuva 1)
- b. Avaa linjan tyhjennysventtiili (kuva 2)
- c. Irrota ilmaletku (sininen) COD-mittarin pohjasta (kuva 3)
- d. Irrota mittari telineestä avaamalla ensin COD-mittarin ylempi muovikierre ja sen jälkeen alempi muovikierre (kuva 4)
 - i. Vedä mittaria varovasti alaspäin.
 - ii. Alemman muovikierteen ja valkoisen muovirenkaan voi jättää kiinni mittariin.

3. COD-mittarin peseminen

- a. Huuhtele mittari runsaalla vedellä käyttämällä hätäsuihkun vieressä olevaa vihreää letkua tai kaatamalla muovikannusta vettä mittarin päälle.
- b. Kaada tyhjään mittakannuun pesuainetta (n. 100 ml riittää).
- c. Kasta puhdistusliinaa pesuaineessa ja puhdista mittaria.

HUOM! Käytä vain optisille laitteille tarkoitettuja puhdistusliinoja. (Ei käsipyyhepaperia!)

- d. Kasta puhdistusharjaa pesuaineessa ja puhdista optinen mittaosaa vetämällä harjaa edestakaisin (kuva 6).
- e. Huuhdo runsaalla vedellä.

4. COD-mittarin takaisinkytkentä

- a. Pesun jälkeen aloita mittarin takaisinlaitto telineeseen laittamalla alaosaan muovikierre, valkoinen muovirengas ja tiivisterengas.
- b. Pujota mittari alakautta telineeseen.
- c. Varmista, että optinen mittaosaa (harjalla puhdistettu) osuu näkölasin kohdalle.
- d. Kierrä alempi muovikierre kiinni telineeseen.

Huom! Älä kierrä muovikierteitä voimalla kiinni!

- e. Jos kierre ei lähde hyvin kiertymään, korjaa valkoisen muovirenkaan tai tiivisteen paikkaa.
- f. Laita yläkautta tiivisterengas, valkoinen muovirengas ja muovikierre kiinni.
- g. Laita ilmaletku kiinni.
- h. Sulje linjan tyhjennysventtiili ja avaa mittarille tuleva käsiventtiili.
- i. Seuraa vuotaako mittari.
- j. Poistu service modesta "Leave service mode" ja vahvista pyyntö painamalla "Yes".



Kuva 1. Käsiventtiili COD-mittarille.



Kuva 2. Tyhjennä linja jätevedestä avaamalla kuvan käsiventtiili.



Kuva 3. Irrota sininen ilmaletku mittarista.



Kuva 4. Irrota mittari telineestä avaamalla ensin kuvassa ympyröity ylempi muovikierre, ja sen jälkeen alempi muovikierre. Vedä mittaria varovasti alaspäin. Alemman muovikierteen ja valkoisen muovirenkaan voi jättää kiinni mittariin.



Kuva 5. Mittari irrotettuna telineestä (2 kpl muovikierteitä, 2 kpl valkoisia muovirenkaita ja 2 kpl mustia tiivisterenkaita).



Kuva 6. Mittarin puhdistus harjalla.



Kuva 7. COD-mittarin osat ja kokoamisjärjestys.



Kuva 8. COD-mittari asennettuna.