



NATRIUM-ANALYSAATTORIN KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS

Tiina Sarkkinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Paperi-, tekstiili ja kemian-
tekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautu-
minen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautuminen

TIINA SARKKINEN:

Natrium-analysointilaitteen käyttöönotto ja testaus

Opinnäytetyö 84 sivua, josta liitteitä 45 sivua
Huhtikuu 2012

Natrium on yleinen alkuaine ja osana lukemattomissa yhdisteissä kaikkialla ympäristössämme. Teollisuuden ja voimalaitosten prosesseissa se on kuitenkin epäpuhtaus, joka aiheuttaa ongelmia ja jonka kontrollointi on tärkeää. Natrium-analyysistä onkin tullut yksi teollisuuden tärkeimmistä analyysimenetelmistä.

Opinnäytetyön aiheena oli Suomen KL-Lämpö Oy:n hankkiman natrium-analysointilaitteen käyttöönotto ja testaus laboratorio- ja kenttäolosuhteissa. Työn tavoitteena oli laitteiston saattaminen käyttökuntoon, käyttökokemuksen saaminen ja jakaminen yrityksen henkilöstölle, mittauksen validointi ja laitteiston kaupallistaminen yhdessä yrityksen kanssa.

Työn käytännönvaiheessa natrium-analysointilaitteella suoritettiin useita kalibrointejä ja mittaussarjoja laboratorio- ja kenttäolosuhteissa, jolloin saatiin tietoa ja kokemusta laitteiston käytöstä ja toiminnasta. Tunnettujen, natrium-standardista laimentamalla valmistettujen näytteiden lisäksi laitteella analysoitiin myös voimalaitoksilta otettuja vesinäytteitä. Osalle mittauksista saatiin myös vertailuarvot toiselta natrium-analysointilaitteelta, jolloin laitteen toimintaa, käyttövarmuutta ja mittaustarkkuutta pystyttiin arvioimaan.

Työn tulokset olivat lähinnä sanallista tietoa ja kokemusta laitteen käytöstä ja laitteen toimintaan liittyvistä asioista. Projektin loppuvaiheessa pidetyssä opinnäytetyöseminaarissa ja henkilöstön koulutustilaisuudessa työn myötä saavutettu tietotaito jaettiin yrityksen kanssa. Projektin lopuksi yrityksen kanssa valmisteltiin mainosmateriaaliluonnos laitteen tulevaa kaupallistamista ajatellen.

Projektin päätteeksi yritykselle luovutettiin kirjallinen opinnäytetyö, natrium-analysointilaitteen käyttöohjeen suomennos ja sen tiivistelmä sekä yhteistyössä valmistettu mainosmateriaaliluonnos.

Asiasanat: natrium-analyysi, natrium-analysointilaitteet, natrium, ISE-mittaus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Chemical Engineering

TIINA SARKKINEN:
Commissioning and Testing of Sodium Monitor

Bachelor's thesis 84 pages, appendices 45 pages
April 2012

Sodium is a common element and part of numerous compounds everywhere in our environment. In industrial and power plant processes however it is an impurity which causes problems and the controlling of which is important. Therefore, sodium analysis has become one of the most important analysis methods in industry.

The topic of the thesis was to commission and test sodium monitor in laboratory and field conditions. The objective of the study was to get the monitor into service condition, to obtain user experience and share it with the company and to commercialize the monitor in co-operation with the company.

In the practical phase of the study several calibrations and series of measurements were carried out in laboratory and field in order to obtain knowledge and experience in the monitor functioning. In addition to testing laboratory samples with known sodium value, water samples from power plants were also analyzed. A few reference measurements with another sodium analyzer were also carried out in order to evaluate the operational reliability and accuracy of the monitor.

The project results were mainly verbal information and experience gained from using the monitor. At the end of the project an event of thesis seminar and training session for the personnel was held and the gained knowhow was shared with the company. Also a promotional material for the commercialization of the device was prepared in co-operation with the company.

At the end of the project the thesis, the translation of the sodium monitor manual and its summary and a sketch of the promotional material were given to the company.

Key words: sodium analyze, sodium monitor, sodium, ISE-measurement

SISÄLLYS

ERITYISSANASTO	6
1 JOHDANTO.....	7
2 NATRIUM-ANALYYSI JA -ANALYSAATTORI	8
2.1 Natrium-analyysi	8
2.1.1 Natrium-analyysin perusteet	8
2.1.2 Natrium-analyysin käyttökohteet	9
2.1.3 Natrium-analyysin rajoitukset.....	10
2.2 Natrium-analyysaattori	12
2.2.1 Elektrodit.....	13
2.2.2 Lämpötila-anturi.....	15
2.2.3 pH:n säätö	15
3 NATRIUM-ANALYSAATTORIN KÄYTTÖÖNOTTO	17
3.1 Natrium-analyysaattorin käyttöohje	17
3.1.1 Käyttöohjeen suomentaminen.....	17
3.1.2 Käyttöohjeen tiivistelmä	17
3.2 Esivalmistelut.....	18
3.2.1 Tarvikkeet	18
3.2.2 Liuokset.....	18
3.2.3 Liuosten hankinta	20
3.3 Laitteiston kokoonpano.....	22
4 NATRIUM-ANALYSAATTORIN KÄYTTÖ JA TESTAUS	23
4.1 Laboratoriotyöskentely ja mittaukset.....	23
4.1.1 Kalibroinnit	23
4.1.2 Laboratoriomittaukset	25
4.1.3 Vertailunäyte	25
4.2 Mittausten validointi	26
4.2.1 Määritysten epävarmuus	27
4.2.2 Toteamisraja	28
4.2.3 Määritysraja.....	29
4.3 Kenttätyöskentely & mittaukset.....	30
4.3.1 Ensimmäinen kenttämittauspäivä.....	31
4.3.2 Toinen kenttämittauspäivä	32
5 TULOKSET JA POHDINTA	33
LÄHTEET	38
LIITTEET	40
Liite 1. Käyttöohjeen tiivistelmä	40
Liite 2. Dietyyliamiinin käyttöturvallisuustiedote.....	45
Liite 3. Mittauspöytäkirja 14.2.2012 A	55
Liite 4. Mittauspöytäkirja 14.2.2012 B	57
Liite 5. Mittauspöytäkirja 17.2.2012	59
Liite 6. Mittauspöytäkirja 20.2.2012	61
Liite 7. Mittauspöytäkirja 21.2.2012 A	63
Liite 8. Mittauspöytäkirja 21.2.2012 B	65
Liite 9. Mittauspöytäkirja 22.2.2012 A	67
Liite 10. Mittauspöytäkirja 22.2.2012 B	69
Liite 11. Mittauspöytäkirja 23.2.2012	71
Liite 12. Mittauspöytäkirja 24.2.2012	73
Liite 13. Mittauspöytäkirja 28.2.2012	76
Liite 14. Mittauspöytäkirja Nollanäytteen	78

Liite 15. Mittauspöytäkirja 6.3.2012	80
Liite 16. Mittauspöytäkirja 7.3.2012	82

ERITYISSANASTO

Elektrolyysi	Pakotettu hapettumis-pelkistymisreaktio, joka saadaan aikaan sähkövirralla. Sähkön virtaaminen väliaineessa.
Elektrolyytti	Aine, joka johonkin liuottimeen liuenneena tai sulassa tilassa johtaa sähköä ja jonka sähkövirta hajottaa kemiallisesti.
Ioniselektiivinen elektrodi	Mittauselektrodi, joka reagoi vain yhdenlaisten ionien esiintymiseen analysoitavassa näytteessä.
Kalibrointi	Kiinteän mittapisteen asettaminen laitteelle mittaamalle liuoksia, joiden tutkittavan aineen konsentraatio tunnetaan.
Reagenssi	Analyysissä reagoiva kemikaali.
Referenssielektrodi	Vertailuelektrodi, joka antaa vertailuarvon varsinaiselle mittaavalle elektrodille.
Virtauskenno	Kirkkaasta muovista valmistettu kenno, jonka läpi näyte virtaa analyysin aikana ja johon analyysilaitteen mittaavat osat, elektrodit ja lämpötila-anturi, on asennettu.

1 JOHDANTO

Vesianalyysien merkitys teollisuudessa on korostunut ennen kaikkea tekniikan kehityksen myötä, mutta myös esimerkiksi ympäristövaatimusten lisääntyä. Epäpuhtauksien hallinnasta ja analysoinnista on tullut entistä tärkeämpää ja kannattavampaa, kun laiteinvestoinnit ovat nousseet ja ongelmatilanteista ja toimintavirheistä johtuvat tappiot kasvaneet.

Natrium-analyysi on yksi käytetyimmistä vesianalyyseistä teollisuudessa. Sen lisäksi, että natrium itsessään on ongelma ja epäpuhtaus, se kuvaa hyvin veden kokonaispuhtautta ja antaa osviittaa vedessä olevien muiden epäpuhtauksien laadusta ja määrästä. Tämän lisäksi natrium-analyysi on verrattain edullinen ja yksinkertainen analyysi, jonka mittaustarkkuus on hyvä ja huoltotarve vähäinen.

Opinnäytetyön toimeksiantona oli natrium-analyysattorin käyttöönotto ja testaus Suomen KL-Lämpö Oy:lle. Työn tavoitteiksi asetettiin laitteiston saattaminen käyttökuntoon, käyttökokemuksen saaminen ja jakaminen yrityksen henkilöstölle, mittausten validointi ja laitteiston kaupallistaminen yhdessä yrityksen kanssa.

Tavoitteiden luonteen ja laajuuden myötä opinnäytetyö koostui useista osaprojekteista: laitteen käyttöohjeen suomentaminen, mittausten esivalmistelut, mittaukset laboratoriossa ja kenttäkohteessa, mittaustulosten analysointi, tiedonsiirto yritykseen ja henkilökunnan opastus laitteen käytössä sekä laitteen tuotteistaminen yhdessä yrityksen henkilöstön kanssa. Opinnäytetyö itsessään oli selkeä ja johdonmukainen kokonaisuus, mutta ajoittain eri osa-alueiden rajaaminen tuotti vaikeuksia. Ajankäytön suunnittelu ja projektisuunnitelman laatiminen kuitenkin auttoivat projektin suunnittelussa ja eri osa-alueiden rajaamisessa.

Projektin myötä opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin ja projektin eteneminen, työvaiheet ja tulokset kirjattiin opinnäytetyön kirjalliseen osuuteen. Koska työssä ei ollut varsinaista tutkimusongelmaa, ovat työn tulokset lähinnä sanallista tietoa ja kokemusta laitteen käytöstä ja siihen vaikuttavista asioista. Laboratorio- ja kenttätutkimuksen myötä karttunut tietotaito kiteytyy tutkimus ja pohdinta-osiossa ohjeistukseksi laitteen käyttöä varten.

2 NATRIUM-ANALYYSI JA -ANALYSAATTORI

2.1 Natrium-analyysi

Natrium on yleinen alkuaine ja osana lukuisissa eri yhdisteissä kaikkialla ympäristössämme. Vaikka natrium on luonnollinen osa ympäristöämme, teollisuuden ja energiantuotannon prosesseissa se on epäpuhtaus, joka aiheuttaa monenlaisia ongelmia, kuten kerrostumia rakenteisiin ja korroosiota. Tämän vuoksi natriumin analysoinnista ja kontrolloinnista on tullut tärkeä osa teollisuus- ja voimalaitosten toimintaa. (Antila, Karppinen, Leskelä, Mölsä & Pohjakallio 2008, 218–220; Kukkonen 2004, 8; Sodium Monitor 8037 B 2011, 2.)

Teollisuus- ja voimalaitoksissa yleisimmin käytetty natrium-analyysimenetelmä perustuu natriumin potentiometriseen mittaukseen ja natrium-ioniselektiivisen ja referenssielektrodin käyttöön. Tätä menetelmää käyttämällä päästään tarkempiin tuloksiin ja alhaisempiin pitoisuuksiin, kuin pelkkää ioniselektiivistä elektrodia käyttämällä. Menetelmä ei myöskään ole yhtä herkkä ympäristön aiheuttamille häiriöille. (Sodium Elektrode Series 1048 2003.)

2.1.1 Natrium-analyysin perusteet

Natrium-analyysi on sähkökemiallinen mittausmenetelmä, jossa natrium-ioniselektiivinen elektrodi referenssielektrodi muodostavat sähköparin. Mittauksessa elektrodien välille syntyy potentiaaliero (lähdejännite), joka muuttuu natrium-ionikonsentraation muuttuessa. Mittauksissa natrium-ioniselektiivisen elektrodin potentiaali muuttuu natrium-ionikonsentraation muuttuessa. Referenssielektrodin potentiaali taas on vakio, joten se toimii vertailuarvona ioniselektiivisen elektrodin potentiaalille. Muutos elektrodien välisessä potentiaalierossa on siis suoraan verrannollinen muutokseen tutkittavan näytteen natrium-ionikonsentraatiossa. (Lehtonen, Jaarinen, Jansson, Pohjakallio & Repo 2006, 208–210; Sodium Elektrode Series 1048 2003.)

Mittauksessa elektrodien välille syntyvä potentiaaliero kertoo logaritmisesti natriumionien konsentraation analysoitavassa liuoksessa. Muutokset syntyvässä potentiaalierossa ja tutkittavan näytteen natrium-konsentraatiossa ovat suoraan verrannollisia keske-

nään. Näyttölaite muuntaa mittalaitteen antaman signaalin lukuarvoksi, joka on luettavissa näytöltä. (Biofysiikan harjoitustyöt 2006, 4, 7; Lehtonen ym. 2006, 208–210; Sodium 8037 A 2001, 15.)

Mittaustilanteessa elektrodien potentiaali poikkeaa normaalipotentialista. Elektrodien potentiaalia ja elektrodien välille syntyvää potentiaalieroä kuvaa Nernstin yhtälö (Biofysiikan harjoitustyöt 2006, 2):

$$E = E_0 + \frac{RT}{zF} \ln(Q) \quad ,\text{jossa} \quad (1)$$

E_0 = elektrodin normaalipotentiali

R = yleinen kaasuvakio = 8,3145 J/(molK)

T = lämpötila (K)

z = reaktion varausluku eli reaktioon osallistuvien elektronien lukumäärä

F = Faradayn vakio = 96485 C/mol

Q = aktiivisuusosamäärä.

2.1.2 Natrium-analyysin käyttökohteet

Natrium-analyysi on yleisesti käytetty analyysimenetelmä teollisuudessa ja energiantuotannossa yksinkertaisuutensa ja monipuolisen käytettävyytensä vuoksi. Natrium on epäpuhtaus, joka herkästi aiheuttaa monenlaisia ongelmia teollisuus- ja voimalaitosten vesikierroissa muun muassa kerrostumalla rakenteisiin ja aiheuttamalla korroosiota, joten analyysillä on runsaasti erilaisia käyttökohteita. (Kukkonen 2004, 8; Sodium Monitor 8037 B 2011, 2.)

Natriumin pitoisuuksia seurataan teollisuudessa ja energiantuotannossa muun muassa: vedenkäsittelyn eri vaiheista, syöttövesistä, kylläisestä ja tulistetusta höyrystä, turbiinien vesi-höyrykierroista, kattilavesikierroista, lauhdevesistä sekä muista suljetuista vesikierroista ja virtauksista. (Kukkonen 2004, 8; Sodium Monitor 8037 B 2011, 2.)

Monissa kohteissa natrium-analysointori on jatkuvatoiminen, etenkin toiminnan kannalta kriittisissä pisteissä. Prosessivaiheet, joissa jo lyhytaikaiset raja-arvojen ylitykset ai-

heuttavat ongelmia, tulee ajantasaisen tiedon olla jatkuvasti saatavilla. Toisaalta prosessivaiheet, joita analysoidaan tai kontrolloidaan muulla tavoin (johtokykymittaus, pH tai jonkin natriumin konsentraatioon vaikuttavan toisen aineen pitoisuuden tarkkailu) eivät välttämättä tarvitse jatkuvatoimista natrium-analyysiä, vaan niille riittää esimerkiksi kerran viikkoon tehtävä manuaalinen näytteenotto ja näytteen analysointi. (Laiterä 2005, 32–34; Sodium Monitoring in Water... 2009, 2, 4.)

Natrium-analyysin avulla voidaan seurata eri prosessien toimintaa ja havaita niissä syntyvät ongelmat hyvin aikaisessa vaiheessa, jo ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa suurempaa vahinkoa. Natrium-vuotoja voi syntyä esimerkiksi lämmönsiirtimien tai pumppujen vuotaessa, epäpuhtauksien päästessä vesikiertoon ulkopuolelta tai mikäli jokin vedenpuhdistuksen osaprosesseista ei syystä tai toisesta toimi halutulla tavalla. Mikäli vesikiertoja seurataan suunnitelmallisesti ja analyttisesti, voidaan mahdollisiin ongelmatilanteisiin reagoida hallitusti ja ajoissa. (Korroosiokäsikirja 2006, 21, 24; Laiterä 2005, 32–34; Sodium Monitor 8037 B 2011, 2.)

2.1.3 Natrium-analyysin rajoitukset

Natrium-analyysin käyttöä rajoittavat tutkittavan näytteen natrium-pitoisuus, näytteessä olevat tietyt muut alkuaineet ja yhdisteet sekä kiintoaineet. Myös jotkin prosessimuuttujat ja niissä tapahtuvat muutokset voivat haitata natrium-analyysiä.

Natriumin pitoisuus analysoitavassa näytteessä on yksi tärkeimmistä rajoittavista tekijöistä. Vaikka laitteella voidaan määrittää hyvinkin alhaisia pitoisuuksia, on aina olemassa alaraja, jota pienempiä pitoisuuksia ei pystytä mittaamaan luotettavasti. Myös erittäin korkeat pitoisuudet voivat aiheuttaa ongelmia, varsinkin jos ne aiheuttavat sakkautumista tai lisäävät kiintoaineiden esiintymistä. Korkeat pitoisuudet aiheuttavat myös elektrodien ”turtumista” ja pitkää vasteaikaa siirryttäessä pienempiin pitoisuuksiin. (Sodium Elektrode Series 1048 2003.)

Myös tietyt alkuaineet, niiden ionit ja yhdisteet vaikuttavat natrium-analyysiin ja sen onnistumiseen. Tällaisia aineita ovat erityisesti atomirakenteeltaan natriumin kaltaiset alkuaineet: vety, litium, kalium, rubidium ja cesium, jotka voivat häiritä natriumioniselektiivisen elektrodin toimintaa samankaltaisen rakenteensa ja kemiallisen käyt-

täytymisensä vuoksi. Myös kaksiatomiset magnesiumionit häiritsevät natrium-analyysiä. Näitä aineita sisältävät näytteet voivat analysoitaessa antaa todellisuutta suurempia mittaustuloksia, mitä tulee huomioida mittauksia suunniteltaessa ja mittaustuloksia analysoitaessa. Edellä mainittujen aineiden lisäksi hopea-ionit vaikuttavat voimakkaasti referenssielektrodin toimintaan, joten näytteiden tulee olla hopeavapaita. (Antila ym. 2008, 218–220; Kinnunen 2005, 14–15, Sodium Monitor 8037 B 2011.)

Kiintoaineet häiritsevät analyysiä vaikuttaen näytteen virtaukseen, tukkien laitteiston putkituksia sekä muodostaen eristäviä kerroksia laitteiston pinnoille. Laitteisto tulisi aina pitää aina mahdollisimman puhtana ja puhdistaa, mikäli kiintoaineita tai muita epäpuhtauksia pääsee kertymään. Mikäli laitteella analysoidaan kiintoaineita sisältäviä näytteitä, tulisi näytteen sisääntuloputkeen asentaa asianmukainen suodatin suojaamaan mittalaitteistoa. (Sodimat 9073 2004, 6; Sodium Monitor 8037 B 2011.)

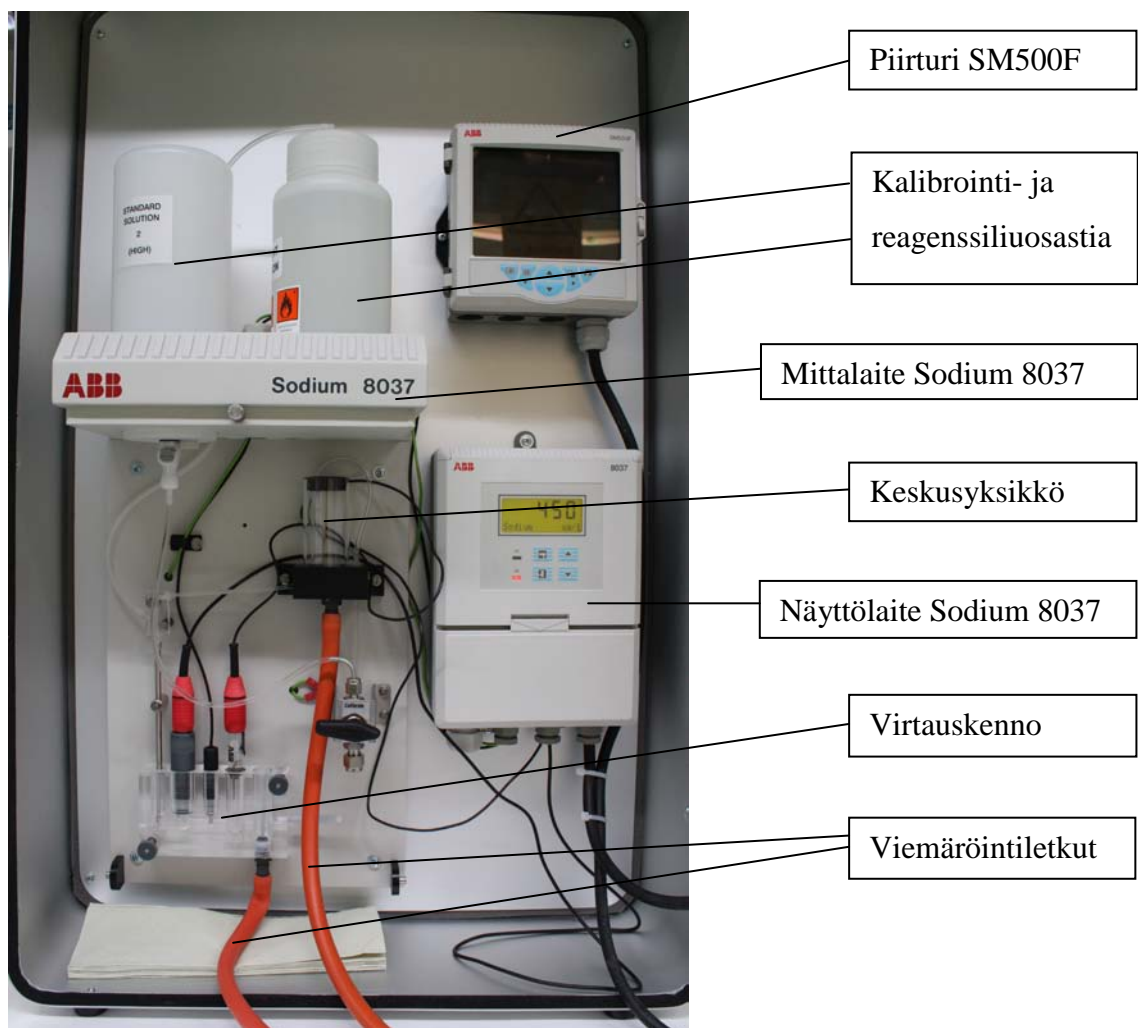
Myös jotkin prosessisuureet ja niissä tapahtuvat muutokset voivat vaikuttaa laitteen toimintaan, varsinkin jos laitetta käytetään jatkuvatoimisesti. Tällöin on kuitenkin enemminkin kyse näytteen tasalaatuisuudesta ja siinä tapahtuvista vaihteluista, kuin ongelmista itse laitteen toiminnassa. Mittauksiin vaikuttavia prosessisuureita ovat esimerkiksi paine, virtausnopeus ja lämpötila. Nämä muuttujat voivat vaikuttaa näytteen ominaisuuksiin ja ainesisältöön esimerkiksi irrottamalla kerrostumia vesikierron seinämistä tai vaikuttamalla eri aineiden liukoisuuksiin. Tämän vuoksi tulisi mittauksia suunniteltaessa ja tehdessä tietää, onko prosessimuuttujia äskettäin muutettu tai ollaanko niitä mahdollisesti muuttamassa. (Antila ym. 2008, 67; Lehtonen ym. 2006, 103–104.)

Natrium-analysointilaitteen käytön ja mittausten suorittamisen tulisi olla suunnitelmallista ja johdonmukaista. Mittaussuunnitelmaa laadittaessa tulisi arvioida mitkä tekijät voivat vaikuttaa mittauksiin ja kuinka suuri on niiden merkitys. Natrium-analyysin rajoitukset tulee ottaa huomioon mittauksia suunniteltaessa ja tuloksia analysoidessa, jotta mittausten luotettavuus ei kärsi.

2.2 Natrium-analysaattori

Suomen KL-Lämpö Oy:n hankkima natrium-analysaattori (kuva 1) on ABB Oy:n valmistama ja toimittama. Analysaattori on mallia Sodium 8370, joka soveltuu käytettäväksi laboratorioissa, kenttämittauslaitteena tai osana teollisuusprosessia, jatkuvatoimisesti tai epäjatkuvatoimisesti. Laitteistoon kuuluvat itse mittalaitteen lisäksi ohjelmoitava näyttö, joka muuntaa mittalaitteen antamat signaalit luettaviksi mitta-arvoiksi, sekä piirturi, jolla voidaan tallentaa ja analysoida mittalaitteelta ja näytöltä saatua dataa. (Sodium Monitor 8037 2011, 2.)

Itse mittalaitteeseen kuuluvat virtauskenno, johon elektrodit ja lämpötila-anturi on istutettu, keskusyksikkö, näyte- ja reagenssiluosastiat alustoineen sekä laitteen putkitukset (kuva 1).



Kuva 1, natrium-analysaattori, Sodium 8037.

KL-Lämmön hankkimaa laitteistoa on tarkoitus käyttää kenttämittauksiin asiakkaiden tilausten ja tarpeiden mukaan. Sen vuoksi laitteisto on asennettu matkalaukun omaiseen, alumiiniseen laatikkoon (kuva 2), jotta sen paikasta ja kohteesta toiseen siirtäminen olisi vaivatonta. Myös laitteiston kytkennät ja putkitukset oli suunniteltu kenttätyöskentelyyn soveltuviksi.

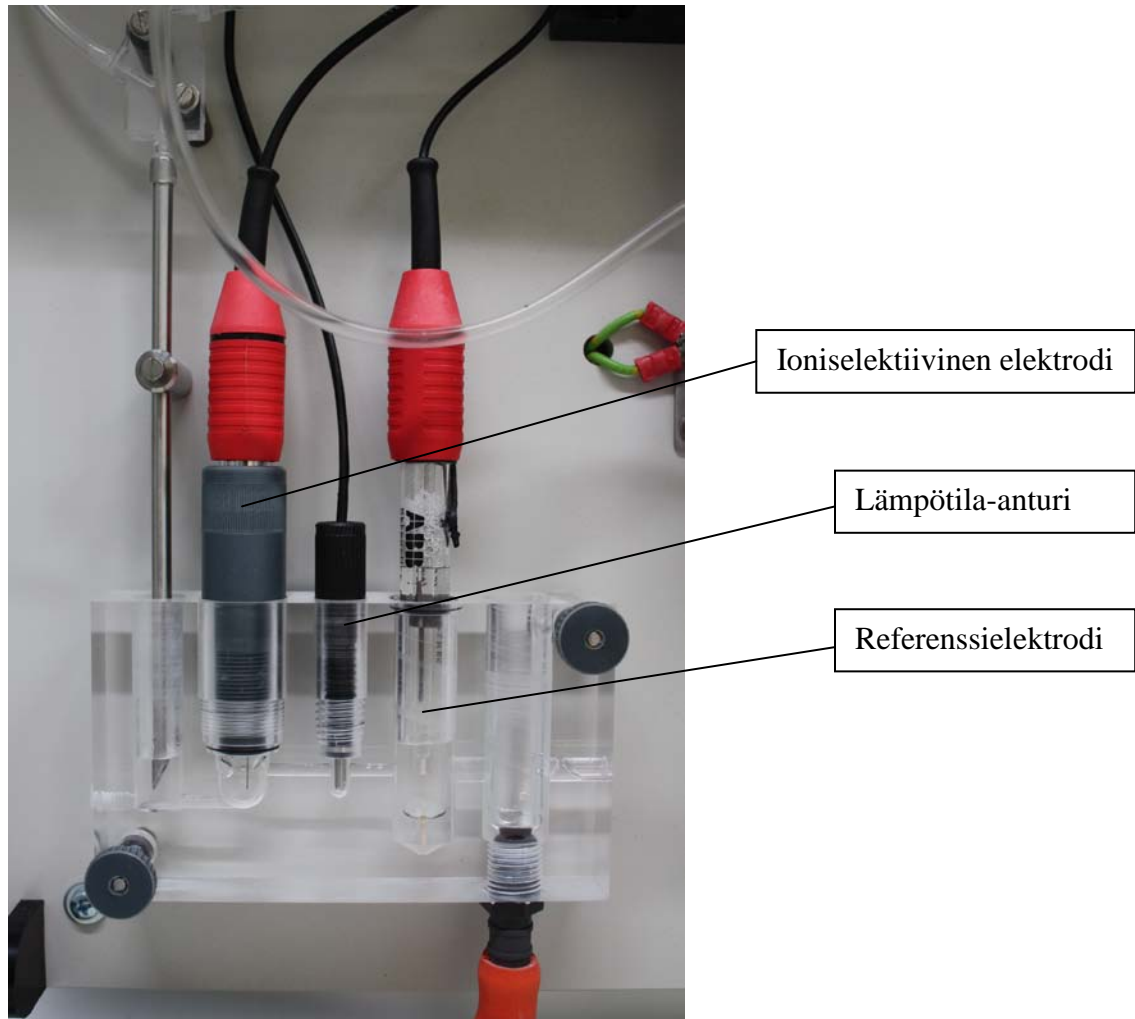


Kuva 2, natrium-analysaattori on asennettu siirrettävälle alustalle.

2.2.1 Elektrodit

Natrium-analysaattoriin kuuluu kaksi elektrodiä, joiden välinen potentiaaliero kuvaa natrium-ionien aktiivisuutta ja konsentraatiota tutkittavassa liuoksessa. Toinen elektrodi on natrium-ioniselektiivinen elektrodi ja toinen hopea/hopeakloridi-referenssielektrodi.

Analysaattoria käytettäessä molemmat elektrodit ovat istutettuina virtauskennoon (kuva 3) ja näyte virtaa niiden ohi samanaikaisesti. (Sodium 8037 A 2011, 2, 7, 13–15.)



Kuva 3, virtauskenno, johon elektrodit ja lämpötila-anturi on istutettu.

Natrium-ioniselektiivinen elektrodi on ionispesifinen elektrodi eli se mittaa valikoiden tietyn ionilajin, tässä tapauksessa natriumin, aktiivisuutta ja konsentraatiota näyteliuoksessa. (Biofysiikan harjoitustyöt 2006, 3, 5; Lehtonen 1998, 98–105, 106.)

Elektrodin toiminta perustuu ioniselektiivisen kalvon ja näyteliuoksen välille kehittyvän potentiaalimittaukseen. Mittauksessa eri faasien välillä on kalvo, joka voi olla nestemäinen tai kiinteä. Kalvo erottaa mitattavan ionilajin muista ionilajeista ko. kalvolle ominaisella tavalla, ei kuitenkaan täydellisesti. Käyttämällä erilaisia kalvoja voidaan mitata useiden eri ionien aktiivisuutta. Ionispesifiset elektrodit on aina kalibroitava mitattavan ionin konsentraatioiltaan tunnetuilla liuoksilla. (Biofysiikan harjoitustyöt 2006, 3, 5.)

Hopea/hopeakloridi-referenssielektrodin eli Ag/AgCl-elektrodin muodostaa hopeakloridilla päällystetty hopea jonkin liukoisen kloridin, tässä tapauksessa KCl:n, elektrolyyttiliuoksessa. Referenssielektrodi toimii ikään kuin nollamittauksena, johon ioniselektiivisen elektrodin mittausta ja siinä tapahtuvia muutoksia verrataan. Indikaattorielektrodin, eli tässä tapauksessa natrium-ionispesifisen elektrodin, potentiaali riippuu mitattavan ionin aktiivisuudesta, kun taas vertailuelektrodin potentiaalin on pysyttävä muuttumattomana koko mittauksen ajan. (Biofysiikan harjoitustyöt 2006, 4, 7; Lehtonen 1998, 67.)

2.2.2 Lämpötila-anturi

Lämpötila on suure, joka vaikuttaa veden johtokykyyn ja monien aineiden liukoisuuteen. Tämän vuoksi natrium-analysaattoriin on asennettu lämpötila-anturi ja laitteisto on ohjelmoitu automaattisesti kompensoimaan näytteen lämpötilan vaikutus näytteestä saatuun mittaustulokseen. Lämpötila-anturi on virtauskennossa keskimmäisenä (kuva 3) ja lämpötilan kompensointi toimii välillä 5-55 °C. (Lehtonen ym. 2006, 103; Sodium 8037 A 2011, 24–26.)

2.2.3 pH:n säätö

Vetyionit vaikuttavat voimakkaasti natrium-ioniselektiivisen elektrodin toimintaan, joten niiden pitoisuutta näytteessä tulee pystyä kontrolloimaan. Tämä tapahtuu nostamalla näytteen pH:ta, jolloin vetyionien konsentraatio näytteessä laskee. Mitä korkeampi pH on, sitä matalampi on vetyionien konsentraatio ja sitä matalampia natriumin pitoisuuksia analysaattorilla pystytään mittaamaan. pH vaikuttaa myös eri aineiden liukoisuuteen ja ioniselektiivisen elektrodin toimintaan, joten laitteen oikean toiminnan kannalta on välttämätöntä, että näytteen pH on vakio. (Sodium 8037 A 2011, 29; Sodium Electrode Model 1048 2004, 4, 8.)

pH:n säätö tapahtuu voimakkaasti emäksisen reagenssin avulla, joka herkästi haihtuvana yhdisteenä höyrystyy astiassaan, josta höyry muoviletkeä pitkin johdetaan näytteen sekaan. Höyry sekoittuu virtaavan näytteen joukkoon, ja näytteen pH nousee tarvittavalle tasolle. (Sodium 8037 A 2011, 29.)

Reagenssin valinnalla voidaan vaikuttaa näytteen pH-arvoon ja siten natrium-mittausten alarajaan. Valittavana on kaksi eri reagenssia, jotka eroavat kyvyssään nostaa näytteen pH:ta. Reagenssiksi voidaan valita väkevä ammoniakkiliuos (30–35 %), joka nostaa näytteen pH:n tasolle 10,7, tai 50 prosenttinen dietyyliamiiniliuos, joka nostaa näytteen pH:n välille 11,5–11,7. Käytettäessä reagenssina väkevää ammoniakkia mittausten alarajaksi tulee $0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$, mutta käytettäessä dietyyliamiinia pystytään mittaamaan vielä tätäkin alhaisempia natriumin pitoisuuksia, aina $0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$:n asti. (Sodium 8037 A 2011, 29.)

3 NATRIUM-ANALYSAATTORIN KÄYTTÖÖNOTTO

3.1 Natrium-analysaattorin käyttöohje

Analysaattorin toimitti ABB Oy, ja laitteen mukana tulivat myös analysaattori 8037:n, näyttölaite 8037:n sekä piirturi 5034:n englanninkieliset käyttöohjeet ja laitetiedot.

3.1.1 Käyttöohjeen suomentaminen

Yksi opinnäytetyön osaprojekteista oli analysaattori Sodium 8037 käyttöohjeen suomentaminen. Laitteiston mukana tuli ABB:n laatima englanninkielinen käyttöohje, josta oli tarkoituksena poimia ja suomentaa tärkeimmät kohdat laitteiston käyttötarkoitusta ja käyttöä ajatellen.

Työn päätteeksi yritykselle toimitettiin käyttöohjeen suomennos sekä sen pohjalta laadittu, analysaattorin päivittäiseen käyttöön tarkoitettu käyttöohjeen tiivistelmä.

3.1.2 Käyttöohjeen tiivistelmä

Käyttöohjeen tiivistelmän tavoitteena oli luoda lyhyt ja johdonmukainen manuaali analysaattorin päivittäistä käyttöä varten. Tiivistelmään ei sisällytetty ohjeita laitteiston kytkennöistä tai huoltotoimenpiteistä, vain lyhyet vaihe vaiheelta etenevät ohjeet käyttöönoton, analyysien ja kalibrointien suorittamiseksi. Tiivistelmään sisällytettiin myös lyhyet ohjeet vikatilanteita, varastointia ja kuljetusta varten, mutta kaiken kaikkiaan tiivistelmä pyrittiin pitämään mahdollisimman lyhyenä ja yksiselitteisenä.

Käyttöohjeen tiivistelmän laatimisen tarkoituksena oli tuottaa lyhyt ohjeistus, joka olisi aina laitteiston mukana tukemassa sen käyttöä. Tiivistelmä on opinnäytetyön liitteenä 1.

3.2 Esivalmistelut

Ennen varsinaisten mittausten aloittamista tuli suorittaa joukko esivalmisteluja, joita ajatellen käytiin tutustumassa analysaattoriin ja sen toimintaan Tampereen Sähkölaitos Oy:n Lielahden voimalaitoksella.

Voimalaitoksen laboratoriossa on ollut sama laite jatkuvatoimisesti käytössä jo muutama vuoden ja näin tutustumiskäynnillä saatiin arvokasta tietoa laitteen ominaisuuksista ja käytöstä. Laboratoriomittauksia ennakkoiden saatiin tietoa mittauksissa tarvittavista tarvikkeista ja analyysiliuoksista, jotka varattiin ja valmisteltiin ennen varsinaisen laboriotyöskentelyn aloittamista.

3.2.1 Tarvikkeet

Mittaustarvikkeista laitekohtaiset tarvikkeet, kuten analyysiliuoksille tarkoitetut astiat sekä laitteen muoviletkut ja -putket toimitettiin laitteen mukana. Näiden lisäksi mittauksissa ja analyysiliuosten valmistelussa tarvittiin joitakin tavallisimpia laboratoriovälineitä, kuten mittapulloja, dekantterilaseja ja erikokoisia pipettejä. Tarvikkeille ei puhtauden ja mittatarkkuuden lisäksi ollut erityisvaatimuksia esimerkiksi materiaalien suhteen.

Koulun laboratoriossa työskentelyyn käytettiin koulun tarvikkeita, kenttämittauksissa käytössä olivat KL-Lämmön ja Nokian Lämpövoiman tarvikkeet. Ennen mittausten aloittamista listattiin tärkeimpiä tarvikkeita, joita laboratorio- ja kenttämittausten aikana tultaisiin tarvitsemaan, jotta ne olisivat varmasti saatavilla varsinaisen työn alkaessa.

3.2.2 Liuokset

Natrium-analyyseissä käytettävät liuokset ovat ensisijaisen tärkeitä analyysien onnistumisen ja luotettavien tulosten saamisen kannalta. Liuosten puhtaus ja valmistustarkkuus vaikuttavat suoraan kalibroinnin onnistumiseen ja saataviin tuloksiin, joten huolellisuus liuoksia valmistettaessa, mitattaessa sekä käsitellessä on ensiarvoisen tärkeää.

Työssä käytetyt liuokset ostettiin valmiina tai tehtiin itse. Tarvittaessa kaikki liuokset voitaisiin valmistaa itse ja yksi opinnäytetyön osaprojekteista olikin analyysiliuoksiin liittyvä kustannusvertailu, jonka tavoitteena oli selvittää onko taloudellisesti kannattavampaa tilata tarvittavat liuokset ulkopuolelta, vai valmistaa ne itse.

Analyyseissä tarvittavat liuokset:

- reagenssi – 50 % dietyyliamiini ($C_6H_{15}N$)
- referenssielektrodin elektrolyyttiliuos – 3,5 mol/l kaliumkloridi (KCl)
- kalibrintiliuokset – natrium-pitoisia vesiliuoksia, joiden pitoisuus tunnetaan
- näytteet – natrium-pitoisia vesinäytteitä.

Reagenssiliuoksena voidaan dietyyliamiinin sijasta käyttää myös väkevää ammoniakkia (NH_3 , pitoisuus 30–35 %). Käytettävä reagenssi tulee valita analyysitarpeen perusteella, sillä mittausten alaraja määräytyy reagenssin mukaan. Käytettäessä reagenssina väkevää ammoniakkia mittausten alarajaksi tulee $0,5 \mu g kg^{-1}$, mutta käytettäessä dietyyliamiinia, voidaan mitata tätä alhaisempia natriumin pitoisuuksia, aina $0,1 \mu g kg^{-1}$:n asti. (Sodium 8037 A 2011, 29–30.)

Reagenssin tehtävänä on esikäsitellä näyte ja säätää sen pH sopivalle tasolle analyysia ajatellen. Koska molemmat reagenssit ovat hyvin emäksisiä, ne näin ollen nostavat näytteen pH:ta, joka näytteestä riippuen on usein hieman hapan tai lähellä neutraalia. Molemmat reagenssivaihtoehdot ovat luonteeltaan herkästi haihtuvia ja tähän ominaisuuteen perustuu myös niiden toiminta analyysissä: reagenssi haihtuu astiassaan, minkä jälkeen höyry kulkeutuu putkea pitkin ja vapautuu kuplina näytteen sekaan juuri ennen kuin näyte virtaa virtauskennoon.

KL-Lämmön analyysitarpeen vuoksi päädyttiin käyttämään reagenssina dietyyliamiinia (tunnetaan myös nimellä di-isopropyyli). Dietyyliamiini on voimakkaan emäksinen yhdiste, jonka käsittelyyn tulee kiinnittää erityistä huolellisuutta. Tarkemmat tiedot kemikaalista ja ohjeet sen turvalliseen käsittelyyn löytyvät dietyyliamiinin käyttöturvallisuustiedotteesta, joka on opinnäytetyön liitteenä 2.

Referenssielektrodin elektrolyyttiliuos, kaliumkloridi, on välttämätön referenssielektrodin toiminnalle. Referenssielektrodin toiminta perustuu elektrolyysiin, joka pääsee tapahtumaan ainoastaan elektrolyyttiliuoksen läsnä ollessa.

Tunnetut kalibrointi- ja näyteliuokset valmistettiin analyysilaatuisesta natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla. Standardiliuoksen natrium-konsentraatio oli 1000 (\pm 2) mg/l, ja liuos oli laadultaan Merckin CertiPUR[®]-laatua.

3.2.3 Liuosten hankinta

Yksi opinnäytetyön osaprojekteista oli analyyseissä tarvittavien liuosten hankintavertailu. Liuosten hankintaan ja käyttöön liittyvän vertailun tarkoituksena oli arvioida, mitkä analyyseissä tarvittavista liuoksista tulisi / olisi kaupallisesti kannattavampaa valmistaa itse ja mitkä tilata valmiina. Opinnäytetyön aikana tehtyjä analyyskejä varten kaikki liuokset tilattiin valmiina ja vertailu tehtiin näiden tilaushintojen pohjalta. Liuoksista ja niiden valmistamisesta / tilaamisesta keskusteltiin myös Tampereen Sähkölaitos Oy:n laborantin, Marja-Leena Pulkkisen kanssa, sillä heillä on käytössään sama laite ja samat liuokset.

KL-Lämmön käyttötarpeen vuoksi natrium-analyysien reagenssina tulee käyttää 50 prosentista, vähintään synteesilaatuista dietyyliamiiniliuosta. Analysaattorilla tullaan mittaamaan muun muassa voimalaitosten ultrapuhtaita vesiä, joten analysaattorin mitta-alueen tulee olla mahdollisimman laaja ja mittausten alarajan mahdollisimman alhaalla.

Voimakkaasti emäksinen 100 % dietyyliamiini tulee tilata valmiina liuoksena, joka laimennetaan paikan päällä 50 prosenttiseksi reagenssiliuokseksi. Reagenssiliuoksen kulu- tus jatkuvatoimisessa mittauksessa on luokkaa 200–300 ml kuussa, epäjatkuvassa käytössä vähemmän. Analysaattorin käyttöönottoa ja testausta varten hankittu 1000 ml:n pullo 100 % dietyyliamiinia tulee siis riittämään pitkäksi aikaa, karkeasti arvioituna noin vuodeksi. Liuos tulee terveydelle haitallisuutensa vuoksi ostaa valmiina.

Referenssielektrodin elektrolyyttiliuosta varten tilattiin analyysilaatuista KCl-jauhetta, josta 3,5 molaarinen kaliumkloridiliuos oli tarkoitus valmistaa. Referenssielektrodin mukana kuitenkin toimitettiin noin 1 desilitran pullo valmista elektrolyyttiliuosta, joka riitti käyttöönotto- ja testausvaiheen ajan, ja joka tulee riittämään vielä jonkin aikaa jatkossakin. Liuosta ei siis tarvinnut vielä valmistaa itse, mutta jatkossa liuos tullaan valmistamaan KL-Lämmön laboratoriohenkilökunnan toimesta.

Elektrolyyttiliuoksen kulutus on hyvin vähäistä ja sen valmistus on yksinkertaista, joten liuos kannattaa valmistaa itse jauheesta. Esimerkiksi 2-3 desilitran pullo liuosta riittää useiksi kuukausiksi, joten jo hankittu, 500 gramman jauhe-erä tulee riittämään vuosia. (Kurvinen 2012).

1000 ml:n erä valmista, 3,5 molaarista KCl-liuosta valmistetaan liuottamalla 261,0 grammaa analyysilaatuista kaliumkloridia ($M=74,55$ g/mol) tislattuun veteen. Tarvittava KCl-määrä punnitaan, annostellaan mittapulloon ja mittapullo täytetään merkkiin asti tislattulla vedellä. Liuos sekoitetaan hyvin, minkä jälkeen se on käyttövalmista. Myös pienempiä eriä voidaan valmistaa, jolloin tarvittava kaliumkloridimäärä lasketaan moolimassan ja liuoksen halutun pitoisuuden avulla (Antila ym. 2008, 10):

$$m_{KCl} = M_{KCl} \cdot n \quad , \text{ jossa} \quad (2)$$

m = kaliumkloridin massa

M = kaliumkloridin moolimassa

n = ainemäärä

Kalibrointi- ja laboratorioanalyysiliuokset valmistettiin valmiista, analyysilaatuisesta, natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla. Natrium-liuoksen valmistus on yksinkertaista, mutta korkeat laatuvaatimukset (standardiliuoksen tulee olla vähintään analyysilaatuista) puoltavat liuoksen ostamisen valmiina. Analysaattorin luotettava toiminta ja mittauksen onnistuminen ovat suoraan riippuvaisia kalibrointien onnistumisesta, joten liuoksen, josta kalibrointiliuokset valmistetaan, tulee olla korkealaatuista. Lisäksi standardiliuosta tarvitaan pelkästään kalibrointiliuosten ja mahdollisten tunnettujen vertailunäytteiden valmistukseen, jolloin sen kulutus on melko vähäistä. Korkeat laatuvaatimukset, vähäinen kulutus ja valmiin natrium-standardin edullinen hinta puoltavat liuoksen ostamista valmiina. (Kurvinen 2012.)

3.3 Laitteiston kokoonpano

Laitteisto koostuu fyysisesti kolmesta eri laitteesta: mittalaitteistosta, näyttölaitteesta ja piirturista, jotka kaikki on asennettu samalle alustalla ja kytketty toisiinsa. Näistä mitta-laitte mittaa näytteen natrium-aktiivisuutta ja antaa signaalin näyttölaitteelle, joka muun-taa mittalaitteen sähköisen signaalin numeerisiksi arvoiksi. Kaikki mittaukset välittyvät myös piirturille, joka analysoi ja tallentaa mitattua dataa. (SM500F Field Mountable... 2011, 5; Sodium Monitor 8037 A, 2.)

Laitteisto saapui ABB:ltä valmiiksi asennettuna, joten varsinaisen asennus- ja kokoon-panotyön määrä oli vähäinen. Ainoastaan laitteiston sähkötyöt olivat vaillinaiset, joten niitä varten kutsuttiin asentaja, joka kytki elektrodit paikalleen ja yhdisti näyttölaitteen ja piirturin toisiinsa. Muuten käyttöönottovaiheessa tarvitsi vain valmistaa tarvittavat analyysiliuokset ja liittää viemäröintiletkut paikoilleen, minkä jälkeen analysaattori oli valmis käyttöä varten.

Koska laitteisto on hankittu kenttätyöskentelyä varten, se on asennettu matkalaukun näköiseen alumiiniseen laatikkoon, jonka paikasta toiseen siirtäminen on vaivatonta. Siirryttäessä kohteesta toiseen tulee elektrodit ja reagenssiliuosastia irrottaa ja pakata asianmukaisesti, minkä jälkeen laitteisto on valmis siirrettäväksi. Käyttönoton helpot-tamiseksi elektrodien kaapeloinnit tullaan varustamaan pikaliittimillä, jotta niiden irrot-taminen ja kytkeminen olisi helppoa ja nopeaa.

4 NATRIUM-ANALYSAATTORIN KÄYTTÖ JA TESTAUS

4.1 Laboratoriotyöskentely ja mittaukset

Natrium-analysaattorin käyttöönotto ja laboratoriomittaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa. Käyttöönotto- ja laboratoriomittausvaihe kesti yhteensä kaksi ja puoli viikkoa, joiden aikana suoritettiin lukuisia kalibrointeja ja mittausarjoja eri natrium-konsentraation omaavilla, tunnetuilla kalibrointi- ja näyteliuoksilla. Kalibrointien ja mittaussarjojen mittauspöytäkirjat ovat opinnäytetyön liitteinä 3-16.

Alkuhankaluuksien jälkeen mittaukset ja laitteen kalibroinnit alkoivat onnistua ja laitteistoa päästiin testaamaan toden teolla. Laitteen uutuus ja käyttämättömyys olivat ilmeisesti syynä alun ongelmiin, sillä muutaman päivän sisäänajon jälkeen analysaattori alkoi toimia huomattavasti paremmin ja luotettavammin, esimerkiksi vasteaika lyheni ja mittausten toistettavuus parani.

4.1.1 Kalibroinnit

Analyyseissä analyytin pitoisuuden määrittäminen perustuu jonkin fysikaalisen ominaisuuden havainnointiin. Yleensä mitataan jotain optista tai, kuten natrium-analyysissä, sähköistä ominaisuutta, joka muuttuu analyytin pitoisuuden muuttuessa. Kalibroinnin yhteydessä määritetään näytteessä mitattavan ominaisuuden ja analyytin pitoisuuden välinen yhteys. (Jaarinen & Niiranen 2005, 18.)

Kalibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen säätämistä siten, että se toimii luotettavasti ja antaa totuudenmukaisen tuloksen. Natrium-analysaattorin kohdalla kalibrointi suoritetaan ulkoisesti, tunnettuja kalibrointiliuoksia käyttämällä. (Vidqvist 2006, 28–29.)

Kalibrointiliuosten, joiden natrium-konsentraatio tunnetaan, avulla laitteelle annetaan tunnetut mittapisteen, joiden välille laite määrittää kalibrointikäyrän. Käyrä kertoo kalibroinnin onnistumisesta ja luotettavuudesta, sillä mitä lineaarisempi kalibrointikäyrä on, sitä paremmin kalibrointi on onnistunut. Laite ilmoittaa kalibrointikäyrän lineaarisuuden prosentteina (1-100 %), Kalibrointikäyrän hyvydestä ja kalibrointipisteistä riippuu

mittausten luotettavuus. Tästä johtuen kalibrointisuoran tulisi lineaarisuudeltaan vähintään olla luokkaa 95 %, jotta analysaattorilla saatuihin tuloksiin voidaan luottaa. (Sodium 8037 2011, 20–21, 32; Vidqvist 2006, 28–29.)

Natrium-analysaattori vaatii jatkuvaa, rutiiniluontoista kalibrointia pysyäkseen toimintakuntoisena. Tulosten luotettavuudesta voidaan saada varmuus vain kalibroimalla analysaattori säännöllisesti ja pitämällä se kunnossa. Jatkuvatoimiselle laitteelle suositellaan suoritettavaksi 1-pistekalibrointi viikoittain ja 2-pistekalibrointi kahden viikon välein, ei-jatkuvatoimiselle laitteelle kalibrointiaikataulu tulee suunnitella käytön ja käyttötarpeen mukaan, on kuitenkin suositeltavaa suorittaa 2-pistekalibrointi 1-2 kertaa kuussa. (Sodium 2011, 30; Vidqvist 2006, 28–29.)

Laboratoriotyöskentelyn aikana suoritettiin lukuisia kalibrointeja, ensisijaisesti laitteen sisäänajoa ja käyttöönottoa ajatellen, mutta myös siksi, että laboratoriotyöskentelyyn tulisi varmuutta ja rutiinia. Usein laite kalibroitiin ennen päivän mittauksia, joskus myös kesken päivän, mikäli mittaukset eivät sujuneet toivotulla tavalla. Ennen mittauksia tehdyistä kalibroinneista, käytetystä kalibrointiliuosparista ja kalibrointisuorasta, on maininta kunkin mittaussarjan mittauspöytäkirjan ensimmäisessä tekstikappaleessa (liitteet 3-16).

Kalibrointiliuokset valmistettiin natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla. Valmiina ostetun standardiliuoksen natrium-pitoisuus oli 1000 mg/l. Kalibrointiliuokset valmistettiin siten, että ensin suoritettiin välilaimennus, josta varsinaiset, halutun natrium-konsentraation omaavat kalibrointiliuokset valmistettiin. Välilaimennus suoritettiin suhteessa 1:100, jolloin välilaimennuksen natrium-konsentraatioksi saatiin 10 mg/l. Välilaimennuksesta valmistettiin varsinaiset kalibrointiliuokset. Useimmiten kalibroinnit suoritettiin kalibrointiliuosparilla 10 µg/l ja 1000 µg/l. Nämä liuokset valmistettiin väli-liuoksen pohjalta siten, että ensin valmistettiin natrium-pitoisuudeltaan suurempi standardi laimentamalla välilaimennosta suhteessa 1:10 (1000 µg/l). Tämän jälkeen valmistettiin natrium-pitoisuudeltaan pienempi standardi laimentamalla pitoisuudeltaan suurempaa standardia suhteessa 1:100 (10 µg/l).

Kaikkien laimennusten ja kalibrointiliuosten pohjana käytettiin erikoispuhdasta Milli-Q-vettä.

4.1.2 Laboratoriomittaukset

Tampereen ammattikorkeakoulussa analysoidut näytteet valmistettiin yhtä näytettä lukuun ottamatta natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla. Näytteet valmistettiin kalibrointiliuosten tapaan, pitoisuudet kuitenkin vaihtelivat suuresti ja valmistettavat liuosmäärät olivat suurempia, yleensä 2000–5000 ml (1000 ml:n ollessa näytteen vähimmäismäärä). Tarkemmat kuvaukset mittauksista ja mittaussarjojen tulokset ovat luettavissa mittauspöytäkirjoista, jotka ovat opinnäytetyön liitteinä 3-16.

Yleisesti ottaen laboratoriotyöskentely sujui hyvin ja kokemus laitteiston toiminnasta kasvoi mittausten edetessä. Lukuisat kalibroinnit ja mittaussarjat toivat laboratoriotyöskentelyyn rutiinia, jonka vaikutti myös mittausten luotettavuuteen ja toistettavuuteen. Laboratoriotyöskentelyn tuloksia ja sen mukanaan tuomaa tietotaitoa on pyritty avaamaan opinnäytetyön tulokset ja pohdinta-osiossa.

Lukuisista laboratoriomittauksista oli selkeää hyötyä myös itse laitteiston toiminnalle, jonka käyttövarmuus ja mittaustarkkuus paranivat laitteiston sisäänajon ja käytön myötä huomattavasti.

4.1.3 Vertailunäyte

Itse valmistettujen näytteiden lisäksi analysoitiin Tampereen Sähkön Lielahden voimalaitokselta haettu 5 litran vesinäyte. Näyte otettiin voimalaitoksen kattilavesikierrosta, johon syötetään natriumtrifosfaattia. Natriumtrifosfaattia syöttämällä vedestä saadaan saostumaan monia epäpuhtauksia kuten rautaa, ja kattilaveden pH saadaan nostettua halutulle tasolle. Tavoitteena on, että kattilaveden natrium-pitoisuus olisi luokkaa 500–1000 µg/l, mutta kuitenkin aina alle 1000 µg/l.

Voimalaitoksella on itsellään käytössä kaksi jatkuvatoimista natrium-analysointilaitetta, joiden mittaustulokset saatiin vertailtavaksi: ABB:n Sodium 8037 (samanlainen kuin KL-Lämmön analysointilaitteisto) ja uudempi Polymetron 9240 Na+.

Sähkölaitoksen Sodium 8037-analysaattori antoi kattilavedelle natrium-pitoisuudeksi 648 µg/l ja Polymetron 9240 702 µg/l. Omien mittausten keskiarvoksi sain 707 µg/l, joten mittauksia voidaan pitää varsin onnistuneina. Tarkempi kuvaus mittauksista ja niiden toteutuksesta on luettavissa opinnäytetyön liitteestä 5.

4.2 Mittausten validointi

Validoinnilla tarkoitetaan määrittymenetelmien ja laitteiden kelpoistamista eli luotettavuuden toteamista. Kemiällisen mittausmenetelmän validoinnilla tarkoitetaan menettelyä, jonka avulla arvioidaan mittausmenetelmän suorituskykyä ja osoitetaan soveltuuko kyseinen analyysimenetelmä aiottuun käyttötarkoitukseen. Validointi on suunniteltujen mittausten sarja, jonka avulla osoitetaan, että analyysimenetelmä toimii oikein ja tuottaa oikeita tuloksia. (Jaarinen & Niiranen 2005, 11; Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2005; Virtanen 2007, 14.)

Validointiin kuuluu suunnitelma, kokeiden suoritus, tulosten tilastollinen arviointi ja dokumentointi. Tulokset, jotka on saatu kokeista, dokumentoidaan tarkasti ja analysoidaan sopivien tilastollisten menetelmien avulla. Uudelleenvalidointitarve ja toimintatavat, joilla varmistetaan validoinnin toimivuus, arvioidaan tulosten perusteella. (Koivuniemi 2007, 14; Virtanen 2007, 14.)

Menetelmän validoinnissa voidaan tutkia seuraavia asioita: selektiivisyys, spesifisyys, lineaarisuus, mittausalue, toteamisraja, määrittäjäraja, poikkeama, saanto, häiriökestävyys / toimintavarmuus, tarkkuus, toistettavuus, uusittavuus ja mittausepävarmuus. (Koivuniemi 2007, 14–15; Nick-Mäenpää 2011; Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2005.)

Opinnäytetyön yleisen laajuuden ja projektin rajaamisen vuoksi analyysimenetelmän validointi päätettiin rajata pohdintaan määrittäjärajan epävarmuudesta ja menetelmän toteamis- ja määrittäjärajan määrittämiseen. Menetelmän toteamis- ja määrittäjärajan määrittäjä suoritettiin analysoimalla toistuvasti nollanäytteitä. Nollanäytteiden mittaukset on dokumentoitu mittauspöytäkirjaan, joka on opinnäytetyön liitteenä 14.

4.2.1 Määrittysten epävarmuus

Mittauksen päämääränä on määrittää mitattavalle suurelle arvo. Mittaustulos on kuitenkin arvoton ilman tietoa sen epävarmuudesta. Mittauksen epävarmuus yhdessä mittaustuloksen kanssa kertoo sen mittausalueen, miltä oikea arvo tietyllä todennäköisyydellä löytyy. (Koivuniemi 2007, 14–16.)

Mittausepävarmuus muodostuu useista eri tekijöistä, siihen vaikuttavat muun muassa ympäristö, näytteenotto, mittauslaitteisto ja käytettävien liuosten ja analysoitavan näytteen laatu. Myös inhimilliset virheet kuten mittauksen suorittava henkilö, häiriöt mittaustilanteessa tai tulosten käsittelyssä ovat osa mittausepävarmuutta. Riippuen mittausepävarmuuden lähteestä, puhutaan satunnaisesta ja systemaattisesta virheestä. (Viertola 2004, 21; Huber 1993, 54.)

Systemaattinen virhe ilmenee aina samansuuruisena, kun saman suureen tietyn arvon mittausta uusitaan samoissa olosuhteissa. Kun systemaattisen virheen suuruus mittaustuloksen kohdalla tiedetään, se voidaan poistaa mittaustuloksesta. (Lehtonen & Sihvonen 2006, 66–67.)

Systemaattisia virheitä ovat muun muassa: nollaus- ja skaalausvirheet, mittalaitteen ryömintä, kuluneesta tai viallisesta mittalaitteesta johtuvat systemaattiset virheet ja olosuhteista tai niiden muutoksista aiheutuvat virheet. Menetelmän systemaattinen virhe on pyrittävä löytämään, arvioimaan ja poistamaan. (Kinnunen 2005, 19; Lehtonen & Sihvonen 2006, 66–67.)

Systemaattinen virhe voidaan havainta esimerkiksi mittaamalla nollanäytteitä tai näytteitä, joiden tutkittavan aineen pitoisuus tunnetaan tai tekemällä samasta näytteestä rinnakkaismäärittäyksiä toisella riippumattomalla menetelmällä. Pientä systemaattista virhetä kuvaa mittauksen hyvä toistettavuus. (Kinnunen 2005, 19; Lehtonen & Sihvonen 2006, 66–67.)

Satunnaisvirheen (hajontavirhe, random error) suuruus vaihtelee, kun mittausta toistetaan samoissa olosuhteissa. Satunnaisvirheitä esiintyy aina, eikä niitä pystytä täysin poistamaan tai ennustamaan. Sen merkitystä voidaan kuitenkin pienentää lisäämällä mittauskertoja. Satunnaisvirheitä voivat olla muun muassa: olosuhteista johtuvat satun-

naisvirheet, kalibrointiepävarmuudet, olosuhteista johtuvat satunnaisvirheet, laitteen käytön tai mittauspiirin huojunta sekä kuluneesta tai viallisesta mittalaitteesta johtuvat satunnaiset virheet. Mikäli satunnaisten virheiden osuus lopputuloksen virheestä on pieni, sanotaan, että tuloksen sisäinen tarkkuus on hyvä. (Kinnunen 2005, 19; Lehtonen & Sihvonen 2006, 66–67.)

Kun virheiden syyt on tunnistettu ja niiden suuruus määritetty, voidaan systemaattiset virheet yleensä eliminoida mittaustuloksista. Jäljelle jää kuitenkin aina satunnaisia virheitä. Mittauksiin liittyvät virheet voidaan analysoida, ja niiden perusteella voidaan laskea niin sanottu kokonaisepävarmuus, joka kuvaa mittauksen laatua ja luotettavuutta. (Lehtonen & Sihvonen 2006, 65.)

4.2.2 Toteamisraja

Toteamisrajalla tarkoitetaan pienintä pitoisuutta, jolla voidaan luotettavasti todeta, sisältääkö näyte tutkittavaa ainetta vai ei. Toteamisraja määritellään useimmiten pitoisuudeksi, joka on yhtä suuri kuin nollanäytteen keskiarvo lisättynä kolme kertaa nollanäytteen keskihajonnalla. (Huber 1993, 53; Jaarinen & Niiranen 2005, 13.)

Natrium-analyysin toteamis- ja määrittämissuorituksen määrittäminen tehtiin tutkimalla taustan hajontaa nollanäytteiden toistuvalla analysoinnilla (liite 14). Kun nollanäytteelle oli tehty useita rinnakkaismittauksia, laskettiin mittaustulosten keskiarvo ja keskihajonta. Saadut arvot sijoitettiin kaavaan, josta voitiin laskea menetelmän toteamisraja (Jaarinen & Niiranen 2005, 13, 32–33):

$$\text{Toteamisraja} = x + 3 \cdot s \quad , \text{jossa} \quad (3)$$

x = nollanäytteiden tulosten keskiarvo

s = nollanäytteiden tulosten keskihajonta

$$\text{Keskihajonta} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n}} \quad , \text{jossa} \quad (4)$$

x = nollanäytteiden tulosten keskiarvo

x_i = yksittäinen havaintoarvo

n = toistomittausten lukumäärä

Laskettiin ensin Microsoft Officen Excel-ohjelmalla nollamittausten keskiarvo:

$$x = \frac{\sum (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n} = 0,21685714\dots \approx 0,217 \mu\text{g} / l$$

Laskettiin Microsoft Officen Excel-ohjelmalla mittausten keskihajonta:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - 0,216857)^2}{35}} = 0,0232342\dots \approx 0,023 \mu\text{g} / l$$

Lopuksi laskettiin natrium-analyysimenetelmälle toteamisraja:

$$\text{Toteamisraja} = 0,217 + 3 \cdot 0,023 = 0,286 \approx 0,29 \mu\text{g} / l$$

4.2.3 Määrittysraja

Määrittysraja tarkoittaa pienintä analysoitavan aineen pitoisuutta, joka voidaan määrittää hyväksyttävällä tarkkuudella. Määrittysraja määritellään useimmiten pitoisuudeksi, joka on yhtä suuri kuin nollanäytteen keskiarvo lisättynä 5-15 kertaa nollanäytteen keskihajonnalla. (Jaarinen & Niiranen 2005, 13; Koivuniemi 2007, 18; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2005.)

Määrittysraja laskettiin käyttäen kaavaa (Koivuniemi 2007, 18):

$$\text{Määrittysraja} = x + y \cdot s \quad ,\text{jossa} \quad (5)$$

x = nollanäytteiden tulosten keskiarvo

y = keskihajonnan kerroin, 5-15

s = nollanäytteiden tulosten keskihajonta

Laskettiin natrium-analyysimenetelmälle määrittysraja:

$$= x + y \cdot s = 0,217 + 10 \cdot 0,023 = 0,447 \approx 0,45 \mu\text{g} / l$$

Toteamis- ja määrittysrajan väliin jää alue, jolla analysoitava aine pystytään luotettavasti toteamaan, mutta sen määrällinen arviointi on epävarmaa. (Koivuniemi 2007, 18.)

4.3 Kenttäyöskentely & mittaukset

Koska laite hankittiin kenttäyöskentelyä varten, haluttiin myös opinnäytetyöhön ja laitteen käyttöönottoon liittää yksi kenttäkohde mittauksineen. Kohteeksi valikoitui Suomen KL-Lämpö Oy:n asiakas, Nokian Lämpövoima Oy. Yrityksen edustajana ja yhteyshenkilönä toimi voimalaitoksen laborantti Carita Olsio-Kujanpää. Hän myös valvoi ja avusti mittauksissa. Voimalaitoksella suoritettut mittaukset on dokumentoitu mittauspöytäkirjoihin, jotka ovat opinnäytetyön liitteinä 15 ja 16.

Kenttämittauksia suoritettiin kahtena päivänä, 6. ja 7.3.2012, jolloin laitteella mitattiin yhteensä viisi mittaussarjaa, joiden näytteenottopisteet valittiin eri kohdista voimalaitoksen vesikiertoja. Näytteet analysoitiin myös voimalaitoksen natrium-analysaattorilla, jolloin saatiin vertailuarvot, joihin omia mittaustuloksia ja laitteen toimintaa voitiin verrata. Voimalaitoksen analysaattori on malliltaan Sodimat 9037 ja sen on toimittanut Oleinotec Oy. Toimintaperiaatteeltaan mittalaitteet ovat samanlaisia. Sodimat 9037 on ohjelmoitu toimimaan jatkuvatoimisesti, mutta sillä voidaan suorittaa myös yksittäisiä manuaalisia mittauksia. (Sodimat 9073 2004, 2-5.)

Voimalaitos puhdistaa omaan tarpeeseensa raakavettä voimalaitoksen vierellä virtaavasta joesta. Vettä tarvitaan useisiin prosesseihin ja vaatimukset veden puhtaudelle ovat korkeat. Ennen kuin vesi voidaan laskea prosessiin, se läpikäy useita puhdistusvaiheita: pH:n nosto ja kiintoaineiden poisto flotaation avulla, dispersio, laskeutus, hiekkasuodatus ja täyssuolanpoisto ioninvaihtohartsien avulla. Puhdistuksen jälkeen vesi ohjataan lisävesitankkeihin, joista vettä otetaan prosesseihin tarpeen mukaan.

Veden laatua seurataan jatkuvasti ja vedestä mitataan jatkuvatoimisesti muun muassa silikaatin (SiO_2) ja natriumin pitoisuuksia, veden johtokykyä, pH:ta ja lämpötilaa. Eri prosessit ja niiden vaiheet ovat mittauksissa edustettuina, kun näytteitä otetaan muun muassa veden eri puhdistusvaiheista, lisävesitankeista, lauhdeista ja turbiinien vesi/höyrykierroista.

4.3.1 Ensimmäinen kenttämittauspäivä

Ensimmäinen mittauspäivä alkoi voimalaitoksen käytäntöjen ja turvaohjeiden läpikäynnillä ja voimalaitoksen toimintaan ja tiloihin tutustumisella. Kun pakolliset asiat oli käyty läpi ja laite saatu käyttökuntoon, päästiin puolilta päivin aloittamaan varsinaiset mittaukset.

Ensimmäisen mittauspäivän näytteenottopisteiksi valikoituivat ioninvaihtopetien jälkeiset ulostulot. Ensimmäinen mittauspiste oli anioninvaihtimen jälkeinen ulostulo ja toinen sekapedin jälkeinen ulostulo.

Ioninvaihtopedit kuuluvat vedenpuhdistuksen täyssuolanpoistoon, joka on yksi tärkeimmistä vedenpuhdistusprosesseista. Täyssuolanpoisto perustuu ioninvaihtohartsien käyttöön, jotka sitovat itseensä veteen liuenneet, ionimuodossa olevat epäpuhtaudet. Fyysisesti täyssuolanpoisto koostuu kolmesta hartsipedistä, joista ensimmäinen on kationinvaihdin, toinen anioninvaihdin ja kolmas sekapeti, joka sisältää sekä kationi- että anioninvaihtohartseja. Teoreettisesti sekapedin jälkeen veden tulisi olla vapaa ionimuotoisista epäpuhtauksista, mutta todellisuudessa veteen jää puhdistuksen onnistumisasteesta riippuen pieniä määriä epäpuhtauksia, muun muassa natriumia ja silikaattia. Tärkeintä tai taloudellisesti kannattavinta ei olekaan veden 100 % puhtaus, vaan epäpuhtauksien määrien hallinta ja niiden saaminen tiettyjen raja-arvojen alle.

Syy natriumin analysointiin ioninvaihtopetien jälkeen löytyy ioninvaihtohartsien kemiallisesta luonteesta ja toiminnasta. Kun ioninvaihtohartsien toimintakyky alkaa heikentyä ja ehtyä, on natrium ensimmäinen epäpuhtaus, joka pääsee suodattumaan hartsien läpi. Siksi natrium on erinomainen indikaattori ioninvaihtohartsien sen hetkisellemme kunnon ja toimintakyvylle. Tavoitteena on, että veden natrium-pitoisuus täyssuolanpoiston jälkeen olisi alle 5 µg/l. Korkeat natrium-pitoisuudet kertovat ioninvaihtohartsien regenerointitarpeesta tai muista ongelmista ko. puhdistusprosessissa.

Ensimmäisen päivän mittaukset sujuivat alun ongelmien jälkeen hyvin ja saadut tulokset olivat samaa suuruusluokkaa vertailumittausten kanssa. Varsinkin toisen mittauspisteen, sekapedin ulostulon, mittaukset onnistuivat toivotulla tavalla, kun sekä omat että vertailutulokset olivat luokkaa 1 µg/l. Voimalaitoksen täyssuolanpoiston eri petien ulos-

tulojen natrium-pitoisuuksia ei mitata jatkuvatoimisesti, vaan näytteenotto ja mittaukset anioninvaihtimelta ja sekapediltä suoritetaan manuaalisesti kerran viikossa.

Alun ongelmat ja poikkeavat tulokset johtuivat laitteen siirrossa liikkuneista elektrodeista ja virtauskennoon kerääntyneistä ilmakuplista, minkä vuoksi näyte ei päässyt virtaamaan vapaasti elektrodien lomitse. Asettelemalla elektrodit takaisin paikoilleen ja poistamalla enimmäkseen ilmakuplat virtauskennosta saatiin laite toimimaan jälleen normaalisti.

4.3.2 Toinen kenttämittauspäivä

Toisena päivänä päästiin mittaukset aloittamaan heti aamusta ja näytteenottopisteiden määrää kasvatettiin kahdesta kolmeen. Tällä kertaa näytteenottopisteiksi valittiin täys-suolanpoiston sekapedin jälkeinen ulostulo, lisävesi ja höyryturbiinin lauhdevesi. Näistä lisävesi ja höyryturbiinin lauhde kuuluvat voimalaitoksella jatkuvatoimisesti analysoitaviin näytteisiin, joten vertailumittausten saamiseksi ainoastaan sekapediltä otettu näyte tuli analysoida manuaalisesti.

Lisävesi ja höyryturbiinin lauhde kuuluvat voimalaitoksella jatkuvatoimisesti analysoitaviin näytteisiin korkeiden puhtausvaatimustensa vuoksi. Pienetkin epäpuhtaudet aiheuttavat nopeasti laajoja ongelmia höyryturbiineissa ja muissa korkean paineen vesi- ja vesi/höyrykierroissa. Koska natrium toimii tässäkin tapauksessa hyvänä indikaattorina ja antaa osviittaa analysoitavien näytteiden kokonaispuhtaudesta, sen pitoisuuksia vesikierroissa seurataan jatkuvatoimisesti. Tavoitteena on, että veden natrium-pitoisuus voimalaitoksen vesikierroissa olisi alle 5 µg/l. Korkeat natrium-pitoisuudet kertovat prosessiongelmistä vedenpuhdistuksessa tai vesi- vesihöyrykiertojen eri vaiheissa.

Toisen mittauspäivän analyysit onnistuivat hyvin: omat tulokset olivat erittäin lähellä vertailulukemia ja analysaattori toimi tasaisesti ja tarkasti. Kaikkien kolmen mittauspisteen omat ja vertailumittausten tulokset olivat luokkaa 1 µg/l.

Onnistuneiden kenttämittausten myötä saatiin vahvaa näyttöä laitteen toimivuudesta ja luotettavuudesta.

5 TULOKSET JA POHDINTA

Projektin alussa opinnäytetyön tavoitteiksi kirjattiin laitteiston saattaminen käyttökuntoon, käyttökokemuksen saaminen ja jakaminen henkilöstölle, mittauksen validointi sekä laitteiston kaupallistaminen yhdessä yrityksen kanssa. Projektin myötä tavoitteet saavutettiin ja samalla kerääntynyt tietotaito pyrittiin kirjaamaan opinnäytetyön kirjalliseen osuuteen. Koska opinnäytetyöhön ei varsinaisesti kuulunut erityistä tutkimusongelmaa, ovat opinnäytetyön tuloksetkin lähinnä sanallista tietoa ja kokemusta laitteiston käytöstä ja toiminnasta.

Opinnäytetyön osaprojekteihin kuuluivat natrium-analysaattorin käyttöohjeen suomentaminen, mittauksissa tarvittavien liuosten hankintaan ja käyttöön liittyvän vertailun tekeminen, mittauksen validointi ja natrium-analysaattorin kaupallistaminen yhteistyössä yrityksen kanssa.

Käyttöohjeen suomennos valmistui hiljalleen muun työn ohessa ja se toimitettiin yritykselle samaan aikaan opinnäytetyön kanssa. Käyttöohjeen, sen suomennoksen ja omien käyttökokemusten pohjalta kirjoitettiin myös käyttöohjeen tiivistelmä laitteen päivittäistä käyttöä ajatellen. Tiivistelmä on opinnäytetyön liitteenä 1.

Liuosten hankintaan liittyvä vertailu tehtiin projektin loppuvaiheessa, kun kokemusta liuoksista ja niiden valmistuksesta sekä laitteen käytöstä oli saatu. Vertailu tehtiin opinnäytetyötä varten tilattujen liuosten hintatietojen, sähkölaitoksen laborantin kanssa käytettyjen keskustelun ja omien kokemusten pohjalta.

Tehdyn vertailun perusteella suositellaan analyseissä tarvittavista liuoksista reagenssiliuoksen ja natrium-standardiliuoksen hankkimista valmiina ja referenssielektrodin elektrolyyttiliuoksen valmistamista itse. Näiden johtopäätösten pohjalla on kyseisten liuosten käyttötarve ja -kulutus, liuosten laatuvaatimukset, niiden valmistamiseen tarvittavat resurssit sekä niiden kemiallinen luonne.

Mittauksen osittainen validointi suoritettiin laboratorio- ja kenttämittauksen päätteeksi. Koska menetelmän validointi on aiheena niin laaja, päätettiin opinnäytetyöhön sisällyttää vain mittauksen kannalta oleelliset osat valikoinnista: määritysten epävarmuuden pohdinta sekä toteamis- ja määrittämissärajien määrittäminen.

Natrium-määrityksen epävarmuutta pohdittiin omien, laitteen käytöstä syntyneiden kokemusten ja valikointiin liittyvän teorian pohjalta. Näin pyrittiin muodostamaan kokonaiskuva natrium-analyysin mittausepävarmuudesta ja siihen vaikuttavista seikoista.

Määritysten epävarmuuden ja analyysimenetelmän rajoitusten tunteminen on tärkeää mittauksia suunnitellessa ja laitteistoa käytettäessä. Mikäli määritysten epävarmuutta tai käytettävän analyysimenetelmän rajoituksia ei tunneta, on viimeistään tulosten analysointi ja johtopäätösten tekeminen hankalaa tai jopa mahdotonta. Määritysten luotettavuus perustuu menetelmän tuntemukseen ja mittauslaitteiston oikeaan käyttöön, jotka pohjautuvat muun muassa mittausten epävarmuuden tunnistamiseen.

Laitteen toteamis- ja määrittämissrajaksi määritettiin mittaamalla natrium-analyysaattorilla toistuvasti nollanäytteitä ja analysoimalla saadut mittaustulokset tilastollisesti. Menetelmän toteamisrajaksi saatiin 0,3 µg/l ja määrittämissrajaksi 0,5 µg/l.

Opinnäytetyön käytännönvaiheen ja tulosten analysoinnin jälkeen pidettiin yrityksessä opinnäytetyöseminaari ja henkilöstön koulutustilaisuus, jossa projektin myötä kerätty tietotaito jaettiin yrityksen ja sen henkilöstön kanssa. Opinnäytetyöseminaarissa projekti käytiin läpi yleisesti ja kerrottiin mitä työssä oli tehty ja ennen kaikkea miksi.

Koulutustilaisuudessa tutustuttiin tarkemmin laitteiston käyttöön ja ominaisuuksiin. Koulutuksessa läpikäytiin muun muassa laitteiston käyttöönotto, analyysaattorin kalibrointi, analyysien suoritus sekä laitteiston huoltotoimenpiteet. Näistä kalibrointi ja yksittäisen näytteen analysointi suoritettiin myös käytännössä.

Koska natrium-analyysaattori oli hankittu kaupallista käyttöä varten, oli laitteiston kaupallistaminen yksi opinnäytetyön tavoitteista. Projektin loppuvaiheessa ideoitiin yhdessä Suomen KL-Lämmön henkilöstön kanssa mainosmateriaaliluonnos analyysaattorin esittelyä ja mainostamista varten. Mainosmateriaaliluonnokseen sisällytettiin perustiedot analyysaattorista sekä sen toiminnasta ja käyttömahdollisuuksista.

Natrium-analysaattorin käyttöönoton ja käytön aikana esiin tuli lukuisia huomion arvoisia seikkoja liittyen laitteiston toimintaan ja siihen vaikuttaviin asioihin. Kun käyttökokemus lisääntyi ja laite tuli tutummaksi myös ymmärrys laitteen toiminnasta ja syy-seuraus-suhteista syveni. Kuten niin usein, pitkäjänteinen työskentely laitteen parissa ja toistuvat mittaukset lisäsivät henkilökohtaista tietotaitoa enemmän kuin pelkkä laitteiston käyttöohje tai analyysimenetelmän teoria. Seuraavilla sivuilla ja liitteessä 1 puretaan projektin myötä kerääntynyttä käyttökokemusta ja työskentelyssä syntyneitä havaintoja.

Natrium-analysaattorin oikea toiminta on ennen kaikkea riippuvaista analyyseissa käytettävistä liuoksista. Pienetkin virheet ja epätarkkuudet liuosten valmistuksessa moninkertaistuvat mittaustuloksissa, sillä reagenssin toimimattomuus tai kalibroinnin epälineaarisuus aiheuttavat sen, ettei natrium-analysaattori toimi oikein. Liuosten puhtauteen ja mittatarkkuuteen tulisikin kiinnittää huomiota ja liuokset valmistaa ja käsitellä huolellisesti.

Laboratio-oloissa ja -välineillä liuosten mittatarkkuus on varmistettavissa huolellisella työskentelyllä. Samoin pystytään varmistamaan liuosten puhtaus ja estämään niiden kontaminaatio. Kontaminaation riski on kuitenkin aina olemassa ja etenkin näytteiden otossa tulisi kiinnittää huomiota oikeaoppiseen työskentelyyn. Useimmiten mitattavat natrium-pitoisuudet ovat äärimmäisen pieniä, joten jo vähäiset epäpuhtaudet voivat vääristää mittaustuloksia merkittävästi.

Myös näytteiden käsittelyyn ja säilytykseen tulee kiinnittää huomiota. Mikäli analysoitavien näytteiden natrium-konsentraatiot ovat hyvin pieniä, tulisi näytteet ehdottomasti analysoida samana päivänä kuin ne on otettu. Natrium-liuokset, joiden konsentraatio on pieni, eivät kestä säilytystä, vaan niiden natrium-pitoisuus lähtee pienenemään jo suhteellisen lyhyen säilytyksen aikana. Myös suuremman natrium-konsentraation omaavat näytteet kärsivät pitkästä säilytyksestä. Kaikki natrium-pitoiset näytteet tulisikin analysoida mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen, mieluiten paikan päällä.

Analysaattorin kalibroinnissa tarkka ja huolellinen työskentely on välttämätöntä. Käytettävien liuosten pienet natrium-pitoisuudet ja kalibroinnin merkitys mittausten onnistumiselle tekevät kalibroinnista tärkeimmän työvaiheen laitteen oikean toiminnan kannalta. Huomiota tulisi kiinnittää kalibroitipisteiden valintaan, kalibrointiakataulun laadintaan ja liuosten valmistamiseen ja käsittelyyn.

Kalibroitiliuosten tulee olla puhtaita, mittatarkkoja ja samana päivänä valmistettuja. Pienetkin heitot kalibroitiliuosten konsentraatioissa johtavat kalibroinnin epäonnistumiseen tai epälineaarisuuteen, joten huolellisuus liuoksia valmistettaessa on ehdottoman tärkeää.

Jos kalibrointi ei onnistu, vika on mittalaitteessa tai kalibroinnin suorittajassa. Syy kalibroinnin epäonnistumiseen voi olla esimerkiksi liuoksissa, liuosten syötössä, elektrodeissa, laitteiston likaisuudessa tai nesteen virtauksessa. Ongelmien ilmetessä tulee systemaattisesti miettiä laitteiston toimintaa vaihe vaiheelta ja pyrkiä löytämään vian aiheuttaja.

Kaikesta huolimatta onnistunutkaan kalibrointi ei aina takaa hyvää mittaustulosta. Siksi vertailumittausten tekeminen laboratoriossa ja tehtyjen mittausten vertaileminen muiden analysaattorien mittauksiin on tärkeää ja antaa arvokasta palautetta laitteen toiminnasta.

Analysoitaessa näytteitä, joiden natrium-pitoisuudet ovat hyvin matalia, on ioniselektiivisillä elektrodeilla taipumus menettää ajan kuluessa herkkyyttään. Tämä on huomattavissa esimerkiksi kalibroinnin tai mittausten pitkistä vasteajasta.

Natrium-ioniselektiivisen elektrodin elvytys laimeassa suolahappoliuoksessa ja NaCl/KCl-liuoksessa palauttaa elektrodin herkkyyden lähes ennalleen. Jos analysaattorilla mitataan jatkuvasti/ainoastaan hyvin matalia natrium-pitoisuuksia, tulee elektrodin väsymiseen kiinnittää erityistä huomiota ja mahdollisesti aikatauluttaa elektrodin elvytys tapahtuvaksi esimerkiksi kerran kuukaudessa. Myös elektrodin herättely korkean natrium-pitoisuuden omaavalla liuoksella voi auttaa hetkellisesti ja tapauskohtaisesti.

Tulee kuitenkin huomata, että näytteitä analysoitaessa pienet natrium-pitoisuudet vaativat ylipäättään suuremman näyte-erän ja enemmän aikaa tasoittuakseen, kun suuremmat pitoisuudet. Aina ei siis ole kyse elektrodin väsymisestä mikäli mittausten tasoittuminen vie aikaa.

Kun laitteella aiotaan mitata useita erilaisia näytteitä, tulee mittaukset ja näytteiden keskinäinen järjestys suunnitella etukäteen. Eri natrium-konsentraation omaavilla näytteillä mittaukset aloitetaan aina näytteestä, jonka natrium-konsentraatio on pienin, jonka jäl-

keen näytteet mitataan natrium-konsentraation mukaisessa järjestyksessä pienemmästä suurimpaan.

Jos näytteestä toiseen siirtymisestä tulee ongelmia, jos mittaustulos ei esimerkiksi muutu tai jos mittaustulos heittelee, voi laitteiston huuhteleva tislattulla vedellä auttaa. Tällöin laitteen läpi lasketaan tislattua vettä esimerkiksi 15–20 minuutin ajan, jonka jälkeen näyte analysoidaan uudelleen. Laitteiston huuhteleva on suositeltavaa erityisesti kalibroinnin jälkeen tai jos joudutaan analysimaan näyte, jonka natrium-konsentraatio on edellistä näytettä pienempi. Laitteiston huuhteleva mittausten välillä parantaa mittaustarkkuutta ja lyhentää vasteaikaa myös kun analysoidaan hyvin pienen pitoisuuden omaavia näytteitä.

Laitteistossa, jossa on paljon liikkuvia osia ja jonka toiminta on useasta muuttujasta riippuvaista, moni asia vaatii huomioimista ja varmistelua. Putkitukset, elektrodit, liuokset ja kaapeloinnit ovat kaikki laitteiston osia, joiden kunto tulisi säännöllisesti tarkastaa ja varmistaa, että ne toimivat oikein. Varsinkin silloin, kun laitteisto siirretään kohteesta ja paikasta toiseen, voi jokin laitteistossa hieman liikkua tai siirtyä ja näin vaikuttaa kokonaisuuden toimintaan. Uuteen kohteeseen siirryttäessä tulisikin koko laitteisto käydä silmämääräisesti läpi ja varmistaa, että nesteet virtaavat normaalisti, laitteiston osat ovat omilla paikoillaan ja mittausrivot nousevat ja laskevat kuten pitääkin.

LÄHTEET

Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2008. Tekniikan kemia. 10., uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Biofysiikan harjoitustyöt. 2006. Oulun yliopiston fysiikan laitoksen kurssimateriaali. Luettu 17.2.2012.
http://physics.oulu.fi/fysiikka/oj/766107P/2006/elektrodit_ ja_mittaaminen_s2006.pdf

Huber, L. 1993. Good laboratory practice. Hewlett-Packard, julkaisu n:o 12-5091-6259E. Saksa.

Jaarinen, S. & Niiranen, J. 2005. Laboratorion analyysitekniikka. 5. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kinnunen, M. 2005. Ioniselektiivisen perklooraattimääritysmenetelmän kehittäminen. Pirkanmaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Koivuniemi, L. 2007. Isosyanaattien ominaismigraatioanalyysin validointi. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Korroosiokäsikirja. 2006. Kunnossapito ry. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 12. Helsinki: KP-Media Oy.

Kukkonen, A. 2004. Voimalaitosten vesi-/höyrykierron analyysit. Kunnossapito-lehti 6/2004. Luettu 13.1.2012.
http://www.promaint.net/menu_description.asp?menu_id=714

Kurvinen, S. 2012. Na-analysaattorista. Sähköposti. Tulostettu 12.1.2012.

Laiterä, S. 2005. Vesikemia voimalaitosprosessissa. Kunnossapito-lehti 5/2005. Luettu 8.3.2012. http://www.promaint.net/menu_description.asp?menu_id=714

Lehtonen, P. O. 1998. pH- ja ISE-mittaukset. Helsinki: Oy Edita Ab.

Lehtonen, P. O., Jaarinen, S., Jansson, K., Pohjakallio, M. & Repo, R. 2006. Laboratorioalan fysiikka ja fysikaalinen kemia. 1-2. painos. Vantaa: Dark Oy.

Lehtonen, P. O. & Sihvonen, M-L. 2006. Laboratorioalan analyttinen kemia. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Nick-Mäenpää, G. 2011. Validointi jäljitettävyyden jäljillä. Julkaisu. Luettu 17.2.2012. <http://www.mikes.fi/julkaisut>.

SM500F Field Mountable Videographic Recorder. 2011 ABB. Piirturin käyttöohje.

Sodimat 9073. 2004. Oleinitec Oy Ab. Natrium-analysaattorin käyttöohje.

Sodium Electrode Model 1048. 2004. ABB. Natrium-ioniselektiivisen elektrodin käyttöohje. Luettu 13.1.2012.
<http://www.abb.com/product/fi/9AAC100080.aspx?country=FI>

Sodium Electrode Series 1048. 2003. ABB. Natrium-ioniselektiivisen elektrodin tietolomake. Luettu 13.1.2012.
<http://www.abb.com/product/fi/9AAC100080.aspx?country=FI>

Sodium Monitor 8037 A. 2011. ABB. Natrium-analysaattorin käyttöohje.

Sodium Monitor 8037 B. 2011. ABB. Natrium-analysaattorin tietolomake. Luettu 13.1.2012. <http://www.abb.com/product/fi/9AAC100080.aspx?country=FI>

Sodium Monitoring in Water Treatment Processes. 2009. ABB. Sovelluskuvauk. Luettu 13.1.2012. <http://www.abb.com/product/fi/9AAC100080.aspx?country=FI>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2005. Hyvä tutkimustapa kansanterveyslaitoksessa, B-osa: eräiden tutkimustyyppien erityispiirteet. Julkaisu. Luettu 17.2.2012. http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/julkaisusarjat/kansanterveyslaitoksen_julkaisuja_b/

Vidqvist, M. 2006. Veden mittaukset pitää kalibroida. Kunnossapito-lehti 4/2006. Luettu 8.3.2012. http://www.promaint.net/menu_description.asp?menu_id=714

Viertola, A. 2004. AAnalyst 200 atomiabsorptiospektrofotometrin käyttöönotto. Pirkanmaan taitokeskus. Opinnäytetyö.

Virtanen, S. 2007. Selleen määritysten validointi vesinäytteistä grafiittiuuniatomiabsorptiospektrometrillä. Pirkanmaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

LIITTEET

Liite 1. Käyttöohjeen tiivistelmä

1(5)

Tämä käyttöohjeen tiivistelmä on kirjoitettu Sodium 8037 englanninkielisen käyttöohjeen (2011) ja laitteiston henkilökohtaisten käyttökokemusten pohjalta.

KÄYTTÖOHJEEN TIIVISTELMÄ

Käyttöönotto

Koska laitteisto on hankittu kenttäkäyttöä varten, on käyttöönotosta pyritty tekemään mahdollisimman nopeaa ja vaivatonta. Ainoastaan elektrodit, liuokset ja viemärointi vaativat valmistelua ennen mittausten aloittamista, muuten laitteisto on sähköverkkoon yhdistämistä vaille käyttökunnossa.

Elektrodit

- Pura elektrodit pakkauksistaan ja aseta ne paikoilleen virtauskennoon.
- Jos virtauskenno on kuivillaan, laske sinne hieman tislattua vettä, jotta elektrodit eivät jää kuivilleen.
- Aseta referenssielektrodi niin, että sen alareuna on 5-10 mm virtauskennon pohjan yläpuolella.
- Irrota referenssielektrodin elektrolyytisäiliötä suojaava kumitulppa ja tarkista samalla elektrolyytin määrä.
- Poista enimmäkseen ilmakuplat virtauskennosta.
- Kiinnitä elektrodien kaapelit.

Valmista tarvittavat liuokset ja aseta reagenssiliuosastia pakoilleen mittalaitteen yläpuolelle. Yhdistä reagenssiliuos laitteistoon.

Aseta laitteen viemärointiletkut paikoilleen ja ohjaa niiden poisto viemäriin tai asianmukaiseen säiliöön.

Yhdistä näyttölaite ja piirturi jännitelähteeseen ja kytke laitteet päälle.

Laitteisto on nyt valmis käyttöä varten.

Tarvittavat liuokset

Analyysien suorittamiseksi tarvitaan muutamia liuoksia: reagenssi, kalibrintiliuokset ja kaliumkloridiliuos. Analyysien onnistuminen ja luotettavien tulosten saaminen ovat voimakkaasti riippuvaisia käytettävien liuosten laadusta, puhtaudesta ja valmistustarkkuudesta. Liuosten valmistamiseen, käsittelyyn ja annosteluun tulisi siis kiinnittää huomiota.

- Reagenssi – 50 % dietyyliamiiniliuos ($C_6H_{15}N$)
- (Reagenssi – väkevä ammoniakkiliuos (30–35 %))
- Kalibrintiliuokset – tunnetut kalibrintiliuokset valmistetaan natrium-pitoisesta standardista laimentamalla
- Elektrolyyttiliuos – 3,5 molaarista KCl-liuosta tarvitaan referenssielektrodin toimintaan

Reagenssiliuoksen valintaan vaikuttavat analysointitarpeet. Dietyyliamiinia käytettäessä voidaan mitata alhaisempia natriumin pitoisuuksia, aina $0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$:n asti. Väkevää ammoniakkia käytettäessä mittausten alaraja on $0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$.

HUOMIO. Dietyyliamiini on vahvasti emäksinen aine ja kontaktia aineen kanssa tulee välttää. Aineen käsittelyn tulee tapahtua vetokaapissa ja käsitellessä tulee aina käyttää suojakäsineitä ja -laseja. Tutustu dietyyliamiinin (tunnetaan myös nimellä diisopropyli) käyttöturvallisuustiedotteeseen (liite 2) ennen aineen käsittelyä.

Referenssielektrodin elektrolyyttiliuoksen, kaliumkloridin kulutus on vähäistä, mutta aika ajoin tulee tarkistaa, että nestepinta referenssielektrodin säiliössä ylittää virtauskennon reunaan asti. Tarvittaessa liuosta tulee lisätä.

Kalibrointi

Kalibrointi voidaan suorittaa 1-tai 2-pistekalibrointina. Kalibrointiaikataulu tulee suunnitella laitteen käytön ja käyttötarpeen mukaan, suositeltavaa kuitenkin on, että laitteelle suoritetaan 1-pistekalibrointi viikoittain ja 2-pistekalibrointi 1-2 kertaa kuukaudessa.

Kalibrointiin tarvittavat kalibrointiliuokset tulee valmistaa natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla. 1-pistekalibrointia varten tarvitaan yksi kalibrointiliuos ja 2-piste-kalibrointia varten kaksi liuosta, joiden natrium-pitoisuuksien eron tulisi olla vähintään satakertainen.

Kalibroinnin suorittaminen vaihe vaiheelta:

- Mikäli suoritat 2-pistekalibroinnin, aloita liuoksesta, jonka natriumpitoisuus on matalampi.
- Aseta kalibrointiliuosastia sille varattuun paikkaan mittalaitteen yläpuolelle.
- Yhdistä kalibrointiliuosastia ja 3-tie-vaiheventtiili toisiinsa muoviletkulla ja pikaliittimellä.
- Käännä 3-tie-vaiheventtiiliä niin, että nestevirtaus tulee kalibrointiliuosastiasta.
- Ohjelmoi kalibrointi näyttölaitteeseen: 1- vai 2-piste-kalibrointi, kalibrointiliuos-ten natriumpitoisuudet, ja aloita kalibrointi.
- Aja kalibrointiliuosta noin 15 min.
- Mikäli suoritat 2-piste-kalibrointia: vaihda kalibrointiliuosastia, kun laite pyytää liuosta 2, ja aloita toinen ajo. Aja kalibrointiliuosta noin 15 minuuttia.
- Ajon päätyttyä laite laskee ja ilmoittaa kalibrointikäyrän lineaarisuuden prosentteina.
- Kalibroinnin päätyttyä käännä 3-tie-vaiheventtiiliä niin, että nestevirtaus tulee näyteastiasta / -linjasta ja irrota kalibrointiastia.

Kalibroinnin jälkeen, ennen mittausten aloittamista on suositeltavaa laskea laitteiston läpi tislattua vettä 10–20 minuutin ajan laitteiston huuhtelemiseksi.

Näytteet

Laite voidaan asentaa jatkuvatoimiseksi, jolloin siihen tulee suora näytelinja jostakin osasta prosessia, tai vaihtoehtoisesti laitteella voidaan analysoida yksittäisiä näytteitä.

Mikäli analysoidaan yksittäisiä näytteitä, näytteet tulee ottaa manuaalisesti näytteenot-topisteestä ja vähimmäisnäytemäärä on 1 litra.

Näytteiden otossa tulee noudattaa huolellisuutta, sillä näytteen kontaminaatoriski on suuri. Näyteastioiden on oltava puhtaita ja näytteenottoon soveltuvia. Astiat tulee aina huuhdella näytteellä ennen varsinaisen, tutkittavan näyte-erän ottamista.

Analyysien suorittaminen

Analyysin suorittaminen vaihe vaiheelta:

- Yhdistä näyteastia tai -linja laitteiston 3-tieventtiiliin alempaan yhteeseen.
- Käännä 3-tieventtiiliä niin, että nestevirtaus tulee näyteastiasta / -linjasta.
- Varmista, että näyte virtaa laitteistossa normaalisti.
- Varmista, että näytteen pH:n säätö toimii, toisin sanoen katso, että reagenssi-höyry vapautuu kuplina näytteen joukkoon näytteen virratessa virtauskennoon.
- Varmista, että elektrodit ovat hyvin paikoillaan ja että näyte virtaa virtausken-nossa esteettä.
- Anna näytteen virrata hetken aikaa (5-10 minuuttia), ennen kuin aloitat mittausten kirjaamisen.

Mikäli epäilet laitteiston toimintaa ja mittaustulosten oikeellisuutta, tarkista:

- virtaako näyte laitteistossa ja virtauskenossa esteettä
- ovatko elektrodit paikoillaan
- toimiiko pH:n säätö
- onko referenssielektrodissa tarpeeksi elektrolyyttiä.

Mikäli edellä mainitut kohdat ovat kunnossa, ongelma voi olla näytteessä (kontaminaatio) tai elektrodien toiminnassa. Voit testata elektrodien toimintaa ja mittausten luotetta-

vuotta analysoimalla laitteella näytteen, jonka pitoisuus tunnetaan. Tarvittaessa suorita laitteelle 1- tai 2-pistekalibrointi ja analysoi näytteet uudelleen. Mikäli epäilet, että elektrodi on ”väsynyt” suorita elektrodin elvytys.

Lopetus ja laitteiston pakkaus & kuljetus

Kun lopetat analysaattorin käytön:

- irrota näyttölaite ja piirturi virtalähteistä
- pysäytä nestevirtaus laitteistossa
- irrota näyteastia / -linja
- irrota reagenssiliuosastia ja pakkaa se asianmukaisesti
- irrota elektrodit ja pakkaa ne asianmukaisesti
- irrota viemärintiletkut
- kuivaa analysaattori mahdollisista roiskeista
- toimita tarpeettomat liuokset jätteisiin ja syntyneet roskat roskiin

Sulje laatikon kansi ja laitteisto on valmis siirrettäväksi seuraavan kohteeseen. Kun kuljetat laitetta ja sen oheistavaroita, vältä kaikenlaista tärinää ja iskuja.

Liite 2. Dietyyliamiinin käyttöturvallisuustiedote

1(10)


KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE
 Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Muutettu viimeksi 13.05.2011

Versio 12.2

KOHTA 1. Aineen tai seoksen ja yhtiön tai yrityksen tunnistetiedot**1.1 Tuotetunniste**

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyliamiini synteesilaatu
REACH-rekisteröintinumero	Tälle aineelle ei ole saatavilla rekisteröintinumeroa, koska aine tai sen käyttö on vapautettu rekisteröinnistä REACH-asetuksen (EY) N:o 1907/2006 artiklan 2 perustella. Vuosittainen tonnimäärä ei edellytä rekisteröintiä tai rekisteröinti tapahtuu myöhempana rekisteröintijakohtana.

1.2 Aineen tai seoksen merkitykselliset tunnistetut käytöt ja käytöt, joita ei suositella

Tunnistetut käyttötavat	Synteesikemikaali Lisätietoja käytöstä Merck Chemicalsin internet-sivustolla. (www.merck-chemicals.com).
-------------------------	--

1.3 Käyttöturvallisuustiedotteen toimittajan tiedot

Valmistaja	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Saksa * Puh: +496151 72-2440
Vastuullinen osasto	EQ-RS * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Häätäpuhelinnumero HUS Myrkytystietokeskus, puh: 09-471 977**KOHTA 2. Vaaran yksilöinti****2.1 Aineen tai seoksen luokitus****Luokitus (ASETUS (EY) N:o 1272/2008)**

Syttyvä neste, Luokka 2, H225
 Väliön myrkyllisyys, Luokka 4, Hengitys, H332
 Väliön myrkyllisyys, Luokka 4, Suun kautta, H302
 Ihosyövyttävyys, Luokka 1B, H314

Tässä kohdassa mainittujen H-lausekkeiden täydelliset tekstit ovat kohdassa 16.

Luokitus (67/548/ETY tai 1999/45/EY)

F	Helposti syttyvä	R11
Xn	Haitallinen	R20/22
C	Syövyttävä	R34

Tässä kohdassa mainittujen R-lausekkeiden täydelliset tekstit ovat kohdassa 16.

2.2 Merkinnät**Merkinnät (ASETUS (EY) N:o 1272/2008)***Varoitusmerkit**Huomiosanalla*

Käyttöturvallisuustiedotteet katalogituotteille ovat saatavilla myös osoitteesta: www.merck-chemicals.com

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE
Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero 803646
Tuotteen nimi Di-isopropyliamiini synteesilaatu

Vaara

Vaaralausekkeet

H225 Helposti syttyvä neste ja höyry.
H302 Haitallista niehtynä.
H314 Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.
H332 Haitallista hengitettynä.

Turvausekkeet

P210 Suojaa lämmöltä/kipinöiltä/avotulelta/kuumilta pinoilta. - Tupakointi kielletty.
P233 Säilytä tiiviisti suljettuna.
P280 Käytä suojakäsineitä/ suojavaatetusta/ silmiensuojainta/ kasvonsuojainta.
P301 + P330 + P331 JOS KEMIKAALIA ON NIELTY: Huuhto suu. El saa oksennuttaa.
P305 + P351 + P338 JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhto huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.
P309 + P310 Altistumisen tapahduttua tai jos ilmenee pahoinvointia: Ota välittömästi yhteys MYRKYTYSTIETOKESKUKSEEN tai lääkäriin.

Yksinkertaistettu varoitusmerkintä (≤125 ml)

Varoitusmerkit



Huomiosanalla

Vaara

Vaaralausekkeet

H314 Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.

Turvausekkeet

P280 Käytä suojakäsineitä/ suojavaatetusta/ silmiensuojainta/ kasvonsuojainta.
P301 + P330 + P331 JOS KEMIKAALIA ON NIELTY: Huuhto suu. El saa oksennuttaa.
P305 + P351 + P338 JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhto huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.
P309 + P310 Altistumisen tapahduttua tai jos ilmenee pahoinvointia: Ota välittömästi yhteys MYRKYTYSTIETOKESKUKSEEN tai lääkäriin.

INDEX-Nro. 612-129-00-5

Merkinnät (67/548/ETY tai 1999/45/EY)

Varoitusmerkit	F	Helposti syttyvä
merkit	C	Syövyttävä
R-lausekkeet	11-20/22-34	Helposti syttyvää. Terveydelle haitallista hengitettynä ja niehtynä. Syövyttävää.
S-lausekkeet	16-26-36/37/39-45	Eristettävä sytytysläheteistä - Tupakointi kielletty. Roiskeet silmistä huuhteltava välittömästi runsaalla vedellä ja mentävä lääkäriin. Käytettävä sopivaa suojavaatetusta, suojakäsineitä ja silmien- tai kasvonsuojainta. Onnettomuuden sattuessa tai tunnettaessa pahoinvointia hakeuduttava heti lääkäriin hoitoon (näytettävä tätä etikettiä, mikäli mahdollista).
EY-Nro.	203-558-5	EY-merkintä

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero 803646
 Tuotteen nimi Di-isopropyylamiini synteesilaatu

Yksinkertaistettu varoitusmerkintä (≤125 ml)

Varoitusmerkki F
 Käsi- ja silmämerkintä C
 R-lausekkeet 20/22-34
 S-lausekkeet 26-36/37/39-45

Helposti syttyvä
 Syövyttävä
 Terveydelle haitallista hengitettynä ja nieltynä. Syövyttävää.
 Roiskeet silmistä huuhdeltava välittömästi runsaalla vedellä ja
 mentävä lääkäriin. Käytettävä sopivaa suojavaatetusta, suojakäsineitä
 ja silmien- tai kasvonsuojainta. Onnettomuuden sattuessa tai
 tunnettaessa pahoinvointia hakeuduttava heti lääkärin hoitoon
 (näytettävä tätä etikettiä, mikäli mahdollista).

2.3 Muut vaarat

Ei tunneta.

KOHTA 3. Koostumus ja tiedot aineosista

Kaava	(CH ₃) ₂ CHNHCH(CH ₃) ₂	C ₆ H ₁₅ N (Hill)
CAS-Nro.	108-18-9	
INDEX-Nro.	612-129-00-5	
EY-Nro.	203-558-5	
Molekyylipaino	101,19 g/mol	

KOHTA 4. Ensiaputoimenpiteet

4.1 Ensiaputoimenpiteiden kuvaus

Jos tuotetta on hengitetty: Raittiiseen ilmaan. Jos hengitys pysähtyy: annettava tekohengitystä.
 Tarvittaessa happinaamari! Otettava välittömästi yhteys lääkäriin.

Tuotteen jouduttua iholle: Pestävä runsaalla vedellä. Haudettava polyetyleeniglykoli 400:lla.
 Saastuneet vaatteet riisuttava välittömästi. Kutsu lääkäri välittömästi.

Tuotteen jouduttua silmiin: Huuhdeltava runsaalla vedellä. Otettava välittömästi yhteys
 silmälääkäriin.

Nielemisen jälkeen juotettava vettä (enintään 2 juomalasillista), vältettävä oksentamista
 (syöpymisvaara)! Kutsu lääkäri välittömästi. Ei saa yrittää neutralisoida.

4.2 Tärkeimmät oireet ja vaikutukset, sekä välittömät että viivästyneet

Ärsyttävyys ja syövyttävyys, Yskä, Hengenahdistus, Päänsärky, Kouristukset, keskushermoston
 vaurioita, sidekalvon tulehduksen, Sokeuden vaara!

4.3 Mahdollisesti tarvittavaa välitöntä lääketieteellistä apua ja erityishoitoa koskevat ohjeet

Tietoa ei ole käytettävissä.

KOHTA 5. Palontorjuntatoimenpiteet

5.1 Sammutusaineet

Soveltuva sammutusaine
 Hiiliidioksidi (CO₂), Vaahto, Jauhe

Soveltumattomat sammutusaineet

Tälle aineelle/seokselle ei ole annettu sammutusaineita koskevia rajoituksia.

5.2 Aineesta tai seoksesta johtuvat erityiset vaarat

Palavat aineet, Höyryt ovat ilmaa raskaampia ja leviävät pitkin lattiaa.

Varottava liekkiin takaisinlyöntiä.

Muodostaa räjähtäviä seoksia ilman kanssa.

Tulipalon sattuessa on haitallisten höyryjen muodostuminen mahdollista.

Käyttöturvallisuustiedotteet katalogituotteille ovat saatavilla myös osoitteesta: www.merck-chemicals.com

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyylimiini synteesilaatu

Tulipalossa voi muodostua :
NO^x

5.3 Palontorjuntaa koskevat ohjeet*Erityiset palomiesten suojavarusteet*

Vaara-alueella ei saa oleskella ilman paineilmahengityslaitetta. Ihon suojaamiseksi on pidettävä suojaväliä ja käytettävä sopivaa suojavaatetusta.

Lisätietoja

Kaasut/höyryt/sumut hajotetaan suihkuttamalla vettä. Säiliö poistetaan vaara-alueelta ja jäähdytetään vedellä. Estettävä sammutusvesien pääsy saastuttamaan pinta- tai pohjavesijärjestelmiä.

KOHTA 6. Toimenpiteet onnettomuuspäästöissä**6.1 Varotoimenpiteet, henkilönsuojaimet ja menettely hätätilanteessa**

Ohjeita muille kuin ensiapuhenkilöstölle. Vältettävä höyryn, aerosolin hengittämistä. Vältettävä kosketusta aineen kanssa. Huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta. Evakuoi vaara-alue, noudata hätätilanneohjeita, ota yhteys asiantuntijaa n.

Ohjeita pelastushenkilökunta: Suojalaitteet, katso kappale 8.

6.2 Ympäristöön kohdistuvat varotoimet

Ei saa tyhjentää viemäriin. Räjähdyksivaara.

6.3 Suojarakenteita ja puhdistusta koskevat menetelmät ja -välineet

Peitä viemärit. Kerää, sido ja pumpkaa pois roiskeet.

Huomioi mahdolliset materiaalirajoitukset (katso kappaleet 7.2 ja 10.5).

Kerätään talteen absorptio- ja neutralisointiaineen (esim. Chemizorb® OH⁻, tuotenro. 101596) avulla. Siivousjäte toimitetaan asianmukaiset luvat omaavalle ongelmajätelaitokselle. Saastunut alue puhdistetaan.

6.4 Viittaukset muihin kohtiin

Ohjeet jätteenkäsittelystä, katso kappale 13.

KOHTA 7. Käsittely ja varastointi**7.1 Turvallisen käsittelyn edellyttämät toimenpiteet**

Noudatettava etiketin ohjeita.

Työskenneltävä vetokaapissa. Ainetta ei saa hengittää. Vältettävä höyryjen/aerosolien muodostuminen.

Palo- ja räjähdysuojaus

Eristettävä avoliekeistä, kuumista pinnoista ja sytytyslähteistä. Estä staattisen sähkön aiheuttama kipinöinti.

7.2 Turvallisen varastoinnin edellyttämät olosuhteet, mukaan luettuina yhteensopimattomuudet

Säilytettävä suojassa lämmöltä ja sytytyslähteistä. Säiliö on pidettävä tiiviisti suljettuna kuivassa ja hyvin ilmastoidussa tilassa.

Varastointilämpötila +15°C - +25°C.

7.3 Erityinen loppukäyttö

Kappaleessa 1.2 mainittujen käyttötapojen lisäksi muita erityisiä käyttötapoja ei ole.

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyylamiini synteesilaatu

KOHTA 8. Altistumisen ehkäiseminen ja henkilönsuojaimet

8.1 Valvontaa koskevat muuttujat

Altistuksen raja-arvot

Aineosat

Peruste	Arvo	Raja-arvot	Suurin sallittu pitoisuus; Huomautuksia
---------	------	------------	---

Di-isopropyylamiini (108-18-9)

FN_OEL	Ihomerkintä:		Voi imeytyä ihon lävitse.
--------	--------------	--	---------------------------

Lyhytaikaisen altistumisen raja (STEL):	5 ppm 21 mg/m ³	Tunnettu haitallinen pitoisuus (Liite 1).
---	-------------------------------	---

Suositellut seurantamenetelmät

Työpaikan ilmanpuhtauden mittausten menetelmien on oltava normien DIN EN 482 ja DIN EN 689 vaatimusten mukaisia.

8.2 Altistumisen ehkäiseminen

Tekniset toimenpiteet

Henkilönsuojaus perustuu ensisijaisesti teknisiin toimenpiteisiin ja asianmukaisiin työtapoihin, joiden lisäksi käytetään henkilönsuojaimia. Katso kappale 7.1.

Henkilökohtaiset suojoimenpiteet

Suojavaatteet tulee valita työpaikkaakohtaisesti ja riippuen vaarallisen aineen pitoisuudesta ja käsitellyistä määristä. Suojavaatteiden pitävyydestä kemikaaleille tulee ottaa selvää suojavaatteiden valmistajalta.

Erityisiä suojautumis- ja hygieniaohjeita

Saastuneet vaatteet riisuttava välittömästi. Suojavoiteen käyttö suositeltavaa. Kädet pestävä käsittelyn jälkeen.

Silmien tai kasvojen suojaus

Tiiviisti asettuvat suojalasit

Käsiensuojaus

roiske kosketus:

Käsinemateriaali:	butyylikumi
Käsineen paksuus:	0,7 mm
Läpimurtoaika:	> 30 min

Suojakäsineiden on oltava EU-direktiivin 89/686/EEC ja EN374-standardin mukaiset, esim. KCL 898 Butoject® (roiske kosketus).

Allamainitut läpäisyajat on määritetty KCL:n tekemissä EN374 mukaisissa laboratoriotesteissä käyttäenäytteitä suositelluista käsinemateriaaleista.

Suositus soveltuu ainoastaan käyttöturvallisuustiedotteessa mainittulle tuotteelle, jonka me olemme toimittaneet ja käyttöön jonka me olemme määritelleet. Liuotettaessa tai sekoitettaessa tuotetta muiden aineiden kanssa tai olosuhteissa jotka eroavat EN374:ssä mainituista, ottaa yhteyttä CE-hyväksytyjen käsineiden toimittajaan. (esim. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de).

Muu suojaruustus

suoja-vaatteet

Hengityksensuojaus

tarpeellinen, jos höyryjä/aerosoleja muodostuu.

Suosittelut suodatintyyppi: Suodatin ABEK

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyyliamiini synteesilaatu

Työnantajan on varmistettava, että hengityssuojainten huolto, puhdistus ja testaus suoritetaan valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Nämä toimenpiteet on dokumentoitava asianmukaisesti.

Ympäristöaltistuksen torjuminen

Ei saa tyhjentää viemäriin.

Räjähdyksvaara.

KOHTA 9. Fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet**9.1 Fysikaalisia ja kemiallisia perusominaisuuksia koskevat tiedot**

Muoto	neste
Väri	väritön
Haju	amiinimainen
Hajukynnys	Tietoa ei ole käytettävissä.
pH	11,8 ajan 6 g/l 20 °C
Sulamispiste	-70 °C
Kiehumispiste/kiehumisalue	83 - 84 °C ajan 1.013 hPa
Leimahduspiste	-10 °C Menetelmä: c.c.
Haihtumisnopeus	Tietoa ei ole käytettävissä.
Syttyvyys (kiinteät aineet, kaasut)	ei määritettävissä
Räjähdyksraja, alempi	1,1 %(V)
Räjähdyksraja, ylempi	7,1 %(V)
Höyrynpaine	69 hPa ajan 20 °C
Suhteellinen höyryntiheys	3,5
Suhteellinen tiheys	0,72 g/cm ³ ajan 20 °C
Vesiliukoisuus	ajan 20 °C liukenee
Jakautumiskerroin: n-oktanoli/vesi	log Pow: 1,40 (kokeellinen) (Lit.) Alhainen kertyvyys.

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE
 Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyliamiini synteesilaatu

Itsesyttymislämpötila	Tietoa ei ole käytettävissä.
Hajoamislämpötila	Tietoa ei ole käytettävissä.
Viskositeetti, dynaaminen	Tietoa ei ole käytettävissä.
Räjähävyys	Ei luokiteltu räjähteeksi.
Hapettavat ominaisuudet	ei mikään

9.2 Muut tiedot

Syttymislämpötila	295 °C Menetelmä: DIN 51794
-------------------	--------------------------------

KOHTA 10. Stabiilisuus ja reaktiivisuus

10.1 Reaktiivisuus

Höyryt saattavat muodostaa räjähtävän seoksen ilman kanssa.

10.2 Kemiallinen stabiilisuus

kosteudelle herkkä
Herkkä ilmalle.

10.3 Vaarallisten reaktioiden mahdollisuus

Syttymisen ja syttyvien kaasujen muodostumisen vaara seuraavien kanssa:

Voimakkaat hapettimet, nitraatit, perklooraatit, Alumiini, Peroksidit

Eksotermien reaktio seuraavien aineiden kanssa :

halogeenit, hapot

Varoitus! Kosketuksessa nitriittien, nitraattien, typpihapokkeen kanssa saattaa muodostua nitrosoamiineja.

10.4 Vältettävät olosuhteet

Lämmitys.

Lämpötilat, jotka ovat alle 15 Kelviniä leimahduspisteestä, tulee huomioida kriittisinä.

10.5 Yhteensopimattomat materiaalit

Alumiini

10.6 Vaaralliset hajomistuotteet

Tulipalotapauksessa: Katso kappale 5

KOHTA 11. Myrkyllisyyteen liittyvät tiedot

11.1 Tiedot myrkyllisistä vaikutuksista

Välitön myrkyllisyys suun kautta

LD50 rotta: 420 mg/kg (IUCLID)

Oireet: Nieltynä aiheuttaa vakavia syöpymiä suuhun ja nieluun sekä ruokatorven ja mahalaukun läpisyöpymisvaaran.

imeytyminen

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyliamiini synteesilaatu

Välitön myrkyllisyys hengitysteiden kautta

LC50 rotta: 4,8 mg/l; 2 h (RTECS)

Oireet: limakalvojen ärsytystä, Yskä, Päänsärky, Hengenahdistus, Mahdolliset vauriot, hengitysteiden vaurioita, Keuhkoödeema

imeytyminen

Välitön myrkyllisyys ihon kautta

LD50 kani: 2.900 mg/kg (Ulkoisen MSDS)

Ihon ärsytys

kani

Tulos: Syövyttävää.

(Ulkoisen MSDS)

Syövyttävää.

Silmien ärsytys

kani

Tulos: Syövyttävää.

(IUCLID)

sidekalvon tulehduksen

Vaurioittaa vakavasti silmiä. Sokeuden vaara!

Herkistyminen

Herkistystesti: marsut

Tulos: negatiivinen

(IUCLID)

Genotoksisuus in vitro

Ames-testi

Tulos: negatiivinen

(IUCLID)

Elinkohtainen myrkyllisyys - kerta-altistuminen

Ainetta tai seosta ei ole luokiteltu erityiseksi kohde-elimessä ilmeneväksi myrkyksi, kerta-altistuminen.

Elinkohtainen myrkyllisyys - toistuva altistuminen

Ainetta tai seosta ei ole luokiteltu erityiseksi kohde-elimessä ilmeneväksi myrkyksi, toistuva altistuminen.

Aspiraatiovaara

Luokituskriteerit eivät täyty saatavien tietojen osalta.

11.2 Lisätietoja

Vaikutus elimistöön:

keskushermoston vaurioita, Kouristukset

Muut tiedot

Kosketus nitriitteihin tai typpihappoon voi tietyissä olosuhteissa johtaa nitrosamiinejen muodostumiseen, jotka ovat osoittautuneet eläinkokeissa syöpää aiheuttaviksi.

Lisätietoja:

Käsiteltävä hyvän työhygienian ja turvallisuuskäytännön mukaisesti.

KOHTA 12. Tiedot vaarallisuudesta ympäristölle**12.1 Myrkyllisyys***Myrkyllisyys kalalle*

LC50 Oncorhynchus mykiss (kirjolohi): 37 mg/l; 96 h (ECOTOX Tietokanta)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyliamiini synteesilaatu

Myrkyllisyys Daphniale ja muille veden selkärangattomille.

EC50 Daphnia magna (vesikirppu): 25,8 mg/l; 24 h (IUCRID)

Myrkyllisyys leville

IC50 Pseudokirchneriella subcapitata (viherlevä): 20 mg/l; 96 h (IUCRID)

12.2 Pysyvyys ja hajoavuus*Biologinen hajoavuus*

8 %; 14 d

OECD TG 301A

Vaikeasti biologisesti hajoava.

12.3 Biokertyvyys*Jakautumiskerroin: n-oktanolii/vesi*

log Pow: 1,40

(kokeellinen)

(Lit.) Alhainen kertyvyys.

12.4 Liikkuvuus maaperässä*Jakaantuminen osaympäristöihin*

log Koc: 2,27

(laskettu)

(Ulkoinen MSDS) Kohtalaisen liikkuvaa maaperässä

12.5 PBT- ja vPvB-arvioinnin tulokset

PBT/vPvB-arviointia ei ole suoritettu koska kemikalliturvallisuusarviointia ei vaadita/ei toteutettu.

12.6 Muut haitalliset vaikutukset*Muuta ekologista tietoa*

Vältettävä päästämistä ympäristöön.

KOHTA 13. Jätteiden käsittelyyn liittyvät näkökohdat*Jätteiden käsittelymenetelmät*

Jättemateriaali on hävitettävä jätelähdettiin 2008/98/EY mukaisesti se kä muiden kansallisten ja paikallisten säädösten mukaisesti. Jätä kemikaalit niiden alkuperäisiin säiliöihin. Ei saa sekoittaa muun jätteen kanssa. Käsittele likaisia säiliöitä kuten itse tuotetta.

Katso kemikaalien ja säiliöiden palauttamista koskevaa tietoa osoitteesta www.retrologistik.com tai ota yhteys meihin jos sinulla on lisäkysymyksiä.**KOHTA 14. Kuljetustiedot****ADR/RID**

UN 1158 DIISOPROPYLAMINE, 3 (8), II

IATA

UN 1158 DIISOPROPYLAMINE, 3 (8), II

IMDG

UN 1158 DIISOPROPYLAMINE, 3 (8), II

EmS F-E S-C

Kuljetusluokitukset on tehty kansainvälisten säädösten mukaan siten kuin ne tulkitaan Saksassa. Mahdollisia kansallisia eroja muissa maissa ei ole huomioitu.

KOHTA 15. Lainsäädäntöä koskevat tiedot**15.1 Nimenomaisesti ainetta tai seosta koskevat turvallisuus-, terveys- ja ympäristösäännökset tai lainsäädäntö**Käyttöturvallisuustiedotteet katalogituotteille ovat saatavilla myös osoitteesta: www.merck-chemicals.com

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE
Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Tuotenumero	803646
Tuotteen nimi	Di-isopropyliamiini synteesilaatu

EU-säädökset

Suuronnettomuus lainsäädäntö	96/82/EC Helposti syttyvä 7b Määrä 1: 5.000 t Määrä 2: 50.000 t
---------------------------------	---

Työrajoitukset	Huomioitava työssä olevien nuorten ihmisten suojelua koskeva direktiivi 94/33/EY. Huomioitava raskaana olevien työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä koskeva direktiivi 92/85/EY.
----------------	--

Säilytysluokka	3
----------------	---

15.2 Kemikaaliturvallisuusarviointi

Tälle tuotteelle ei ole suoritettu kemikaaliturvallisuusarviointia.

KOHTA 16. Muut tiedot

Kohdissa 2 ja 3 mainittujen H-lausekkeiden täydelliset tekstit.

H225	Helposti syttyvä neste ja höyry.
H302	Haitallista nieltynä.
H314	Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.
H332	Haitallista hengitettynä.

R-lausekkeiden koko teksti, joihin viitataan kohdissa 2 ja 3

R11	Helposti syttyvää.
R20/22	Terveydelle haitallista hengitettynä ja nieltynä.
R34	Syövyttävää.

Koulutukseen liittyviä ohjeita

Järjestettävä riittävästi tietoja, ohjeita ja koulutusta käyttäjille.

Käyttöturvallisuustiedotteessa käytettyjen lyhenteiden ja akronyymien selitykset

Käytetyt lyhenteet ja nimitykset (akronyymit) voi tarkistaa osoitteesta <http://www.wikipedia.org>.

Kotimainen edustaja

VWR International Oy * Pihatörmä 1 C 1 * FI-02240 ESPOO * Puh: +358 (0) 9 804 551 * Telefax: +358 (0) 9 804 55200 * www.vwr.com * info@fi.vwr.com

Merck OY * Pihatörmä 1 C 1 * FI-02240 ESPOO * Puh: +358 (0) 9 8678 700 * Telefax: +358 (0) 9 8678 7077

Tähän sisältyvä informaatio perustuu tämän hetkisiin tietoihimme ja karakterisoi tuotetta turvallisuuden kannalta. Informaatio ei ole takuu tuotteen ominaisuuksista.

Liite 3. Mittauspöytäkirja 14.2.2012 A

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

14.2.2012 A

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekantterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibrointiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 93 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla valmistettiin 5000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 200 µg/l. Näyte analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyteerissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 8 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	11,05	175	-146	23,4	200
1	11,07	176	-146	23,4	200
1	11,09	175	-146	23,4	200
1	11,12	175	-146	23,4	200
1	11,13	174	-146	23,4	200
1	11,15	176	-146	23,4	200
1	11,18	175	-146	23,4	200
1	11,20	174	-146	23,4	200

Jatkuu

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
2	11,21	175	-146	23,2	200
2	11,23	175	-146	23,2	200
2	11,25	176	-146	23,2	200
2	11,28	175	-146	23,1	200
2	11,30	177	-146	23,1	200
2	11,31	175	-146	23,1	200
2	11,34	177	-146	23,1	200
2	11,36	178	-146	23,1	200
3	11,37	180	-145	23,1	200
3	11,40	179	-146	23,1	200
3	11,43	179	-146	23,1	200
3	11,45	180	-145	23,1	200
3	11,46	181	-145	23,1	200
3	11,48	180	-145	23,1	200
3	11,50	180	-145	23,1	200
3	11,53	181	-145	23,2	200
4	11,55	185	-145	22,7	200
4	11,58	183	-145	22,7	200
4	12,00	182	-145	22,7	200
4	12,03	182	-145	22,8	200
4	12,05	183	-145	22,8	200
4	12,07	185	-145	22,8	200
4	12,10	183	-145	22,9	200
4	12,11	182	-145	22,9	200
5	12,13	183	-145	22,6	200
5	12,15	179	-146	22,6	200
5	12,18	180	-145	22,6	200
5	12,20	182	-145	22,7	200
5	12,23	183	-145	22,7	200
5	12,25	183	-145	22,7	200
5	12,26	182	-145	22,7	200
5	12,29	183	-145	22,8	200

Liite 4. Mittauspöytäkirja 14.2.2012 B

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

14.2.2012 B

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibrointiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 92 %. Kalibroinnin jälkeen laitteiston läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuksesta laimentamalla valmistettiin 5000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 50 µg/l. Näyte analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyteerissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 8 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	13,50	39,2	-180	22,4	50
1	13,52	39,8	-180	22,4	50
1	13,53	39,6	-180	22,5	50
1	13,56	39,8	-180	22,5	50
1	13,58	39,7	-180	22,5	50
1	14,01	39,6	-180	22,5	50
1	14,03	39,6	-180	22,5	50
1	14,04	36,8	-180	22,5	50

Jatkuu

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
2	14,06	39,9	-180	22,2	50
2	14,08	39,8	-180	22,2	50
2	14,11	40,1	-179	22,2	50
2	14,13	40,3	-179	22,3	50
2	14,15	39,9	-180	22,3	50
2	14,18	40,0	-179	22,3	50
2	14,19	40,1	-179	22,3	50
2	14,21	40,6	-179	22,3	50
3	14,24	38,9	-180	22,3	50
3	14,26	39,3	-180	22,2	50
3	14,27	39,2	-180	22,2	50
3	14,29	39,5	-180	22,3	50
3	14,31	39,7	-180	22,3	50
3	14,34	39,4	-180	22,3	50
3	14,36	39,5	-180	22,4	50
3	14,37	39,6	-180	22,4	50
4	14,39	40,1	-179	22,3	50
4	14,40	39,9	-180	22,3	50
4	14,42	40,2	-179	22,3	50
4	14,45	40,3	-179	22,3	50
4	14,47	40,0	-179	22,3	50
4	14,50	40,2	-179	22,3	50
4	14,52	40,3	-179	22,4	50
4	14,54	40,1	-179	22,4	50
5	14,57	42,4	-178	22,2	50
5	14,59	42,7	-178	22,2	50
5	15,00	43,3	-178	22,2	50
5	15,02	42,6	-178	22,2	50
5	15,05	43,8	-178	22,2	50
5	15,07	44,1	-178	22,3	50
5	15,08	43,9	-178	22,3	50
5	15,10	44,0	-178	22,3	50

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

17.2.2012

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 92 %. Kalibroinnin jälkeen laitteiston läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuksesta laimentamalla valmistettiin kolme 1000 ml:n näytettä, joiden natrium-konsentraatiot olivat 5, 10 ja 15 µg/l, sekä yksi 2000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 25 µg/l. Näytteet analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyte-erissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 8 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	12,08	7,52	-212	21,6	5
1	12,11	7,49	-212	21,5	5
1	12,15	7,58	-212	21,5	5
1	12,18	7,62	-211	21,5	5
1	12,21	7,69	-211	21,6	5
1	12,25	7,58	-211	21,6	5
1	12,29	7,85	-210	21,6	5
1	12,32	7,67	-211	21,6	5

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
2	12,40	12,3	-203	21,4	10
2	12,43	12,5	-203	21,4	10
2	12,44	12,1	-203	21,4	10
2	12,47	12,7	-203	21,5	10
2	12,50	12,4	-203	21,5	10
2	12,54	13,3	-203	21,5	10
2	12,57	12,4	-203	21,5	10
2	13,00	12,8	-203	21,5	10
3	13,07	16,8	-194	21,5	15
3	13,10	16,5	-194	21,6	15
3	13,13	16,5	-194	21,6	15
3	13,17	16,7	-194	21,6	15
3	13,19	16,3	-194	21,6	15
3	13,22	16,4	-194	21,6	15
3	13,26	16,1	-194	21,6	15
3	13,28	15,9	-195	21,6	15
4	13,38	25,9	-191	21,4	25
4	13,41	26,9	-191	21,4	25
4	13,44	26,5	-191	21,4	25
4	13,47	25,8	-191	21,4	25
4	13,51	25,5	-191	21,5	25
4	13,53	25,7	-191	21,5	25
4	13,56	25,8	-191	21,5	25
4	14,00	26,1	-191	21,5	25
5	14,10	24,9	-191	21,5	25
5	14,13	25,0	-191	21,5	25
5	14,17	24,2	-192	21,5	25
5	14,20	25,2	-191	21,5	25
5	14,22	25,5	-191	21,5	25
5	14,24	25,1	-191	21,5	25
5	14,28	25,3	-191	21,5	25
5	14,31	25,4	-191	21,5	25

Liite 6. Mittauspöytäkirja 20.2.2012

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

20.2.2012

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Tampereen Sähkön vesinäytteen analysointi.

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibroitina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibroitikäyräksi oli saatu 97 %. Kalibroinnin jälkeen laitteiston läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Hain Tampereen Sähkön Lielahden voimalaitokselta analysoitavaksi 5000 ml vesinäytteen. Näyte otettiin kattilavesikierrosta (KATTILA 1 3QUA12) klo 09.20. Ottohetkellä näytteen pH oli 9,17 ja lämpötila 12,9 °C.

Voimalaitoksella on käytössä kaksi natrium-analysaattoria, SODIUM 8037 ja Polymetron 9240 Na⁺, joiden antamiin mittaustuloksiin omia mittauksia verrattiin. Voimalaitoksen SODIUM 8037 antoi tulokseksi 648 µg/l ja Polymetron 9240 702 µg/l.

Tutkittavaan vesikiertoon syötetään natriumtrifosfaattia ja tavoitteena on, että natriumin konsentraatio kattilavedessä on luokkaa 500–1000 µg/l. Natriumtrifosfaatin sötöllä mm. säädellään kattilaveden pH:ta sekä pyritään saostamaan kattilaveden epäpuhtauksia esim. rautaa.

Näyte analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyte-erissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 6 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAA- TIO (µg/l)
1	13,22	768	-110	19,7	648 / 702
1	13,27	760	-110	19,4	649 / 702
1	13,31	754	-111	19,4	650 / 702
1	13,35	744	-111	19,4	651 / 702
1	13,40	733	-111	19,4	652 / 702
1	13,45	734	-111	19,2	653 / 702
2	13,49	728	-111	19,2	654 / 702
2	13,55	722	-111	19,3	655 / 702
2	14,00	715	-112	19,4	656 / 702
2	14,03	711	-112	19,5	657 / 702
2	14,08	689	-112	19,5	658 / 702
2	14,12	711	-112	19,6	659 / 702
3	14,16	708	-112	19,6	660 / 702
3	14,20	705	-112	19,7	661 / 702
3	14,24	704	-112	19,8	662 / 702
3	14,27	703	-112	19,9	663 / 702
3	14,30	696	-112	19,9	664 / 702
3	14,37	696	-112	20,0	665 / 702
4	14,42	696	-112	20,1	666 / 702
4	14,45	695	-113	20,1	667 / 702
4	14,48	690	-113	20,2	668 / 702
4	14,54	687	-113	20,5	669 / 702
4	15,01	685	-113	20,5	670 / 702
4	15,05	685	-113	20,6	671 / 702
5	15,08	683	-113	20,7	672 / 702
5	15,10	685	-113	20,7	673 / 702
5	15,12	685	-113	20,7	674 / 702
5	15,16	681	-113	20,8	675 / 702
5	15,19	680	-113	20,8	676 / 702
5	15,23	683	-113	20,8	677 / 702

Liite 7. Mittauspöytäkirja 21.2.2012 A

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

21.2.2012 A

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 50 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibroitikäyräksi saatiin 93 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla valmistettiin 5000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 50 µg/l. Näyte analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyteerissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 6 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

Mittaukset on taulukoitu mittauspöytäkirjan sivulle 2.

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	9,25	44,7	-179	22,9	50
1	9,28	44,6	-179	22,9	50
1	9,30	44,7	-179	22,8	50
1	9,33	44,5	-179	22,8	50
1	9,36	44,5	-179	22,8	50
1	9,40	44,6	-179	22,8	50
2	9,50	44,7	-179	22,7	50
2	9,55	44,3	-179	22,7	50
2	9,58	44,6	-179	22,7	50
2	10,02	44,5	-179	22,7	50
2	10,05	44,5	-179	22,6	50
2	10,09	44,6	-179	22,6	50
3	10,20	44,5	-179	22,6	50
3	10,23	44,5	-179	22,6	50
3	10,25	44,7	-179	22,6	50
3	10,28	44,5	-179	22,6	50
3	10,32	44,5	-179	22,5	50
3	10,35	44,6	-179	22,5	50
4	10,43	44,9	-178	22,6	50
4	10,45	44,8	-178	22,5	50
4	10,48	44,7	-178	22,5	50
4	10,52	45,3	-178	22,6	50
4	10,55	45,2	-178	22,6	50
4	10,57	45,4	-178	22,5	50
5	11,05	45,5	-178	22,5	50
5	11,08	45,7	-178	22,5	50
5	11,11	45,8	-178	22,6	50
5	11,15	45,6	-178	22,6	50
5	11,18	46,1	-178	22,6	50
5	11,21	45,7	-178	22,6	50

Liite 8. Mittauspöytäkirja 21.2.2012 B

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

21.2.2012 B

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 25 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 95 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla valmistettiin 2000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 30 µg/l. Näyte analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyteerissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 10 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

Mittaukset on taulukoitu mittauspöytäkirjan sivulle 2.

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	12,30	28,0	-212	19,8	30
1	12,33	27,8	-212	19,9	30
1	12,36	27,8	-212	19,9	30
1	12,40	27,6	-211	20,0	30
1	12,43	27,5	-211	20,1	30
1	12,46	27,8	-211	20,1	30
1	12,48	28,1	-210	20,2	30
1	12,51	28,2	-211	20,2	30
1	12,54	27,8	-203	20,2	30
1	12,58	27,6	-203	20,3	30
2	13,01	28,5	-203	20,5	30
2	13,03	28,4	-203	20,5	30
2	13,06	28,3	-203	20,5	30
2	13,09	27,6	-203	20,6	30
2	13,11	27,5	-203	20,6	30
2	13,14	27,4	-203	20,6	30
2	13,16	27,2	-194	20,6	30
2	13,20	27,6	-194	20,6	30
2	13,23	27,3	-194	20,7	30
2	13,26	27,1	-194	20,7	30

Liite 9. Mittauspöytäkirja 22.2.2012 A

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

22.2.2012 A

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 50 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 94 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla valmistettiin yksi 1000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 5 µg/l ja kaksi 2000 ml:n näytettä, joiden konsentraatiot olivat 7,5 ja 25 µg/l. Näytteet analysoitiin 1000 ml:n näyte-erissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 8 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla sen läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	10,20	5,55	-219	22,9	7,5
1	10,22	5,82	-218	22,9	7,5
1	10,24	5,61	-219	23,0	7,5
1	10,26	5,60	-219	23,0	7,5
1	10,29	5,71	-218	23,0	7,5
1	10,30	5,73	-219	23,0	7,5
1	10,33	5,65	-219	23,0	7,5
1	13,35	6,10	-217	23,0	7,5

Jatkuu

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
2	13,37	6,12	-217	22,8	7,5
2	10,38	6,44	-216	22,8	7,5
2	10,40	6,56	-215	22,8	7,5
2	10,43	6,42	-216	22,8	7,5
2	10,45	6,41	-216	22,8	7,5
2	10,46	6,45	-216	22,8	7,5
2	10,48	6,49	-216	22,8	7,5
2	10,50	6,51	-216	22,8	7,5
3	10,54	14,2	-199	22,2	15
3	10,56	14,5	-198	22,1	15
3	10,57	14,4	-198	22,1	15
3	11,01	14,4	-198	22,1	15
3	11,03	14,5	-198	22,1	15
3	11,05	14,5	-198	22,1	15
3	11,07	14,5	-198	22,1	15
3	11,09	14,7	-198	22,1	15
4	11,11	19,5	-192	22,5	25
4	11,13	19,6	-192	22,5	25
4	11,16	19,1	-192	22,5	25
4	11,19	18,7	-192	22,5	25
4	11,20	19,6	-192	22,5	25
4	11,23	19,4	-192	22,5	25
4	11,25	19,2	-192	22,5	25
4	11,26	20,1	-192	22,5	25
5	11,28	20,7	-191	22,4	25
5	11,30	21,1	-191	22,4	25
5	11,31	21,0	-192	22,4	25
5	11,33	21,3	-191	22,4	25
5	11,35	21,4	-191	22,4	25
5	11,37	20,5	-191	22,4	25
5	11,39	21,6	-191	22,4	25
5	11,41	21,9	-191	22,4	25

Liite 10. Mittauspöytäkirja 22.2.2012 B

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

22.2.2012 B

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibroitikäyräksi saatiin 88 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuksesta laimentamalla valmistettiin 5000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 5 µg/l. Näyte analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyteerissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 8 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	13,05	4,45	-226	22,2	5
1	13,07	4,51	-226	22,3	5
1	13,09	4,32	-227	22,4	5
1	13,11	4,41	-227	22,5	5
1	13,13	4,40	-227	22,5	5
1	13,16	4,35	-227	22,6	5
1	13,17	4,36	-227	22,6	5
1	13,19	4,37	-227	22,6	5

Jatkuu

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
2	13,21	3,64	-231	22,6	5
2	13,23	3,56	-232	22,6	5
2	13,25	3,62	-232	22,6	5
2	13,27	3,64	-232	22,6	5
2	13,29	3,63	-232	22,6	5
2	13,30	3,63	-232	22,6	5
2	13,32	3,63	-232	22,6	5
2	13,34	3,35	-231	22,7	5
3	13,35	3,34	-233	22,7	5
3	13,37	3,35	-233	22,7	5
3	13,39	3,34	-233	22,7	5
3	13,40	3,33	-233	22,7	5
3	13,41	3,34	-233	22,7	5
3	13,43	3,34	-233	22,7	5
3	13,44	3,54	-233	22,8	5
3	13,46	3,62	-232	22,8	5
4	13,47	3,65	-232	22,8	5
4	13,49	3,66	-232	22,8	5
4	13,51	3,63	-231	22,8	5
4	13,53	3,63	-231	22,8	5
4	13,55	3,62	-231	22,8	5
4	13,57	3,63	-231	22,8	5
4	13,59	3,18	-231	22,8	5
4	14,01	3,18	-231	22,8	5
5	14,04	3,19	-235	22,8	5
5	14,07	3,21	-235	22,8	5
5	14,09	3,20	-235	22,8	5
5	14,12	3,21	-234	22,8	5
5	14,15	3,24	-234	22,8	5
5	14,17	3,21	-234	22,8	5
5	14,19	3,22	-234	22,8	5
5	14,22	3,23	-234	22,8	5

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

23.2.2012

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 97 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla valmistettiin kaksi 2000 ml:n näytettä, joiden natrium-konsentraatiot olivat 7,5 µg/l ja 12,5 µg/l. Näytteet analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyte-erissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin-kolmen minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 10 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi noin 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	9,10	5,62	-224	22,9	7,5
1	9,12	5,69	-224	22,9	7,5
1	9,14	5,75	-224	23,0	7,5
1	9,15	5,78	-223	23,0	7,5
1	9,17	5,79	-223	23,0	7,5
1	9,19	5,82	-223	23,0	7,5

Jatkuu

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	9,22	5,81	-223	23,0	7,5
1	9,25	5,83	-223	23,0	7,5
1	9,27	5,85	-222	23,0	7,5
1	9,28	5,84	-222	23,0	7,5
2	9,31	6,10	-221	23,0	7,5
2	9,34	6,05	-221	23,0	7,5
2	9,36	6,07	-221	23,0	7,5
2	9,38	6,11	-221	23,0	7,5
2	9,40	6,13	-221	23,0	7,5
2	9,42	6,18	-220	23,0	7,5
2	9,45	6,09	-221	23,0	7,5
2	9,47	6,08	-221	23,0	7,5
2	9,49	6,07	-221	23,0	7,5
2	9,52	6,10	-221	23,0	7,5
3	10,10	13,5	-201	22,9	12,5
3	10,12	13,4	-201	22,9	12,5
3	10,15	13,5	-201	22,9	12,5
3	10,17	13,5	-201	22,9	12,5
3	10,19	13,5	-201	22,8	12,5
3	10,22	13,5	-201	22,8	12,5
3	10,25	13,5	-201	22,9	12,5
3	10,27	13,5	-201	22,8	12,5
3	10,29	13,6	-201	22,8	12,5
3	10,32	13,4	-201	22,8	12,5
4	10,34	12,3	-203	22,7	12,5
4	10,37	12,4	-204	22,7	12,5
4	10,40	12,5	-204	22,7	12,5
4	10,42	12,5	-204	22,7	12,5
4	10,45	12,5	-204	22,7	12,5
4	10,48	12,6	-203	22,7	12,5
4	10,51	12,5	-203	22,7	12,5
4	10,54	12,5	-203	22,7	12,5
4	10,58	12,6	-203	22,7	12,5
4	11,00	12,5	-203	22,7	12,5

Liite 12. Mittauspöytäkirja 24.2.2012

1(3)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

24.2.2012

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibroitiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 89 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla valmistettiin 5000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 5 µg/l ja 2000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 12,5 µg/l. Näytteet analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyte-erissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 8 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

Mittaukset on taulukoitu mittauspöytäkirjan sivuille 2 ja 3.

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	12,05	3,44	-236	22,7	5
1	12,07	3,47	-235	22,7	5
1	13,09	3,48	-235	22,7	5
1	12,11	3,49	-235	22,7	5
1	12,13	3,50	-235	22,7	5
1	12,14	3,50	-235	22,7	5
1	12,15	3,51	-235	22,7	5
1	12,16	3,53	-235	22,7	5
2	12,18	3,53	-235	22,7	5
2	12,20	3,54	-235	22,7	5
2	12,23	3,27	-237	22,7	5
2	12,24	3,25	-237	22,7	5
2	12,25	3,25	-237	22,7	5
2	12,27	3,24	-237	22,7	5
2	12,29	3,24	-237	22,7	5
2	12,30	3,25	-237	22,7	5
3	12,31	3,32	-237	22,7	5
3	12,32	3,35	-236	22,7	5
3	12,34	3,34	-236	22,7	5
3	12,37	3,33	-236	22,7	5
3	12,42	3,34	-236	22,7	5
3	12,43	3,34	-236	22,7	5
3	12,44	3,54	-235	22,7	5
3	12,46	3,62	-235	22,7	5
4	12,47	3,65	-235	22,7	5
4	12,49	3,66	-235	22,7	5
4	12,50	3,63	-235	22,7	5
4	12,51	3,63	-235	22,7	5
4	12,58	3,62	-235	22,7	5
4	13,00	3,63	-235	22,7	5
4	13,03	3,57	-235	22,7	5
4	13,04	3,59	-235	22,7	5
5	13,05	3,98	-232	22,6	5
5	13,07	3,98	-232	22,6	5
5	13,11	4,03	-232	22,6	5
5	13,13	4,04	-232	22,7	5
5	13,14	4,04	-232	22,7	5
5	13,18	4,07	-232	22,7	5
5	13,21	4,03	-232	22,7	5
5	13,23	4,04	-232	22,7	5

3(3)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
6	13,25	10,8	-211	23,4	12,5
6	13,26	11,2	-211	23,4	12,5
6	13,27	11,1	-211	23,4	12,5
6	13,29	10,9	-211	23,4	12,5
6	13,32	11,4	-211	23,4	12,5
6	13,36	11,5	-211	23,4	12,5
6	13,37	10,9	-211	23,4	12,5
6	13,39	11,3	-211	23,4	12,5
7	13,42	11,5	-211	23,5	12,5
7	13,43	11,5	-211	23,5	12,5
7	13,45	11,4	-211	23,5	12,5
7	13,47	11,3	-211	23,5	12,5
7	13,49	11,1	-211	23,5	12,5
7	13,51	11,4	-211	23,5	12,5
7	13,53	11,3	-211	23,5	12,5
7	14,00	11,3	-211	23,5	12,5

Liite 13. Mittauspöytäkirja 28.2.2012

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

28.2.2012

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita
- 5-8 kpl 1000 ml ja 2000 ml lasisia mittapulloja, yksi 5000 ml mittapullo
- Erikokoisia lasisia täyspipettejä + pumpetti
- 2-3 kpl 400 ml dekanterilaseja

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibrointiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi saatiin 95 %. Kalibroinnin jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Natrium-pitoisesta standardiliuoksesta laimentamalla valmistettiin 3000 ml:n näyte, jonka natrium-konsentraatio oli 5 µg/l. Näyte analysoitiin laitteella 1000 ml:n näyteerissä. Mittaustulokset kirjattiin noin parin minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 10 kpl / näyte-erä. Mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan Milli-Q-vettä.

Mittaukset on taulukoitu mittauspöytäkirjan sivulle 2.

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	KONSENTRAATIO (µg/l)
1	14,48	5,41	-231	20,4	5
1	14,50	5,41	-231	20,4	5
1	14,51	5,51	-231	20,4	5
1	14,52	5,54	-231	20,4	5
1	14,54	5,95	-229	20,5	5
1	14,55	5,84	-229	20,5	5
1	14,57	5,58	-230	20,5	5
1	15,00	5,70	-230	20,5	5
1	15,02	5,34	-231	20,5	5
1	15,05	5,60	-231	20,6	5
2	15,09	4,62	-235	20,5	5
2	15,10	4,66	-235	20,5	5
2	15,12	4,66	-235	20,5	5
2	15,14	4,64	-235	20,5	5
2	15,15	4,68	-235	20,5	5
2	15,17	4,63	-235	20,5	5
2	15,18	4,64	-235	20,5	5
2	15,19	4,64	-235	20,5	5
2	15,22	4,65	-235	20,5	5
2	15,24	4,64	-235	20,5	5
3	15,30	4,59	-235	20,6	5
3	15,32	4,57	-235	20,6	5
3	15,34	4,63	-235	20,5	5
3	15,37	4,65	-235	20,5	5
3	15,39	4,62	-235	20,5	5
3	15,42	4,67	-235	20,5	5
3	15,44	4,70	-235	20,5	5
3	15,46	4,69	-235	20,5	5
3	15,50	4,72	-235	20,5	5
3	15,52	4,72	-235	20,5	5

Liite 14. Mittauspöytäkirja Nollanäytteet

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

16. – 29.2.

Tekijä: Tiina Sarkkinen

Paikka: TAMK mikrobiologian laboratorio, huone I1-18

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- 2 kpl muovisia näyteastioita

Laitteistolla suoritettiin myös muutamia niin kutsuttuja nollanäytteiden analysointeja. Nollanäyte on puhdas vesinäyte, jonka ei tulisi sisältää tutkittavaa ainetta. Koska tutkittava aine on natrium, puhdaskin vesi kuitenkin sisältää sitä jonkin verran. Nollanäytteiden analysointi suoritettiin, jotta tulosten pohjalta voitaisiin määrittää laitteistolle toteamis- ja määrittäysraja.

Ennen kunkin näyte-erän analysointia laite oli kalibroitu 2-pistekalibrointina kalibrointiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kunkin kalibroinnin myötä saatu kalibrointikäyrä on kirjattu taulukkoon. Aina kalibroinnin suorittamisen jälkeen laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan erikoispuhdasta Milli-Q-vettä laitteiston huuhtelemiseksi. Nollanäytteet analysoitiin 1000 ml:n näyte-erissä ja mittausarvot (5 kpl) kirjattiin ylös noin 7-8 minuutin välein.

Nollanäytteenä käytettiin erikoispuhdasta Milli-Q-vettä, joka valmistetaan TAMK:n laboratorioden käyttöön paikan päälle asennetulla laitteella. Myös kaikki TAMK:n laboratoriossa analysoidut, itse valmistetut näytteet oli valmistettu Milli-Q-veteen. Milli-Q-vesi on kaksoissuodatettua ionivaihdettua vettä, jonka ei tulisi sisältää mitään epäpuhtauksia. Milli-Q-laitteisto ilmoittaa veden

- sähkönjohtavuudeksi 4,7 µS/cm
- ominaisresistanssiksi 18,2 MΩ·cm
- TOC-arvoksi 2 ppb.

2(2)

PVM	ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	LÄMPÖTILA (C°)	KALIBROINTIKÄYRÄ (%)
16.2.	1	10,30	0,19	21,5	96
16.2.	1	10,38	0,18	21,5	96
16.2.	1	10,45	0,19	21,5	96
16.2.	1	10,53	0,19	21,5	96
16.2.	1	11,00	0,20	21,5	96
20.2.	2	12,00	0,22	21,3	94
20.2.	2	12,07	0,21	21,3	94
20.2.	2	12,12	0,19	21,3	94
20.2.	2	12,20	0,20	21,3	94
20.2.	2	12,28	0,21	21,3	94
20.2.	3	12,40	0,21	21,3	94
20.2.	3	12,47	0,21	21,4	94
20.2.	3	12,53	0,20	21,3	94
20.2.	3	13,00	0,21	21,4	94
20.2.	3	13,10	0,19	21,4	94
22.2.	4	8,55	0,25	21,5	91
22.2.	4	9,03	0,26	21,5	91
22.2.	4	9,10	0,24	21,6	91
22.2.	4	9,18	0,24	21,6	91
22.2.	4	9,25	0,25	21,6	91
22.2.	5	9,35	0,27	21,6	91
22.2.	5	9,41	0,25	21,6	91
22.2.	5	9,48	0,25	21,6	91
22.2.	5	9,56	0,24	21,6	91
22.2.	5	10,05	0,24	21,6	91
28.2.	6	13,15	0,22	21,4	95
28.2.	6	13,22	0,22	21,4	95
28.2.	6	13,30	0,21	21,4	95
28.2.	6	13,37	0,22	21,4	95
28.2.	6	13,45	0,21	21,4	95
29.2.	7	13,53	0,20	21,4	95
29.2.	7	14,00	0,21	21,4	95
29.2.	7	14,08	0,21	21,4	95
29.2.	7	14,15	0,20	21,4	95
29.2.	7	14,24	0,20	21,4	95

Liite 15. Mittauspöytäkirja 6.3.2012

1(2)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

6.3.2012

Tekijä: Tiina Sarkkinen
Valvoja: Carita Olsio-Kujanpää
Paikka: Nokian Lämpövoiman vesilaboratorio
Kerhotie 10, 37100 Nokia

Kenttämittaukset voimalaitoksella.

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- Vertailulaite Polymetron SODIMET 9073
- 2 kpl muovisia näyteastioita

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibrointiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi oli saatu 95 %. Ennen mittauksia laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan puhdistettua vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Näytteet otettiin voimalaitoksen käyttöön puhdistetusta raakavedestä, jolle oli ennen näytteenottopistettä tehty pH:n tasaus, kiintoaineiden ja epäpuhtauksien poisto, ilmaus sekä ioninvaihtokäsittely. Näytteenottopisteet olivat ioninvaihtohartsien jälkeen, ensimmäinen näytteenotto oli anioninvaihtimen (A2) jälkeen ja toinen sekapedin (MB) jälkeen. Molemmista pisteistä otettiin kolme 1000 ml:n näytettä, jotka analysoitiin laitteella 1000 ml:n erissä. Mittaustulokset kirjattiin noin viiden minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 4-5 kpl / näyte-erä. Mittauspisteiden välissä ja mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan puhdistettua vettä.

Vertailulukemat saatiin voimalaitoksen käytössä olevalta natrium-analysaattorilta, Polymetron SODIMET 9073:ltä.

Mittaukset on taulukoitu mittauspöytäkirjan sivulle 2.

2(2)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	VERTAILUMITTAUS (µg/l)
1-A2	11,55	7,90	-226	26,6	1 (alle)
2-A2	12,45	8,85	-224	26,3	1 (alle)
3-A2	13,00	9,32	-223	26,3	1 (alle)
4-A2	13,30	5,13	-239	26,2	1 (alle)
4-A2	13,35	5,11	-239	26,2	1 (alle)
4-A2	13,40	5,07	-239	26,1	1 (alle)
4-A2	13,45	5,08	-239	26,0	1 (alle)
5-A2	13,50	5,30	-237	25,9	1 (alle)
5-A3	13,55	5,35	-237	25,8	1 (alle)
5-A4	14,00	5,36	-237	25,8	1 (alle)
5-A5	14,05	5,36	-237	25,7	1 (alle)
6-A2	14,10	5,25	-238	26,5	1 (alle)
6-A3	14,15	5,23	-238	26,5	1 (alle)
6-A4	14,20	5,27	-238	26,5	1 (alle)
6-A5	14,25	5,25	-238	26,5	1 (alle)
7-MB	14,35	1,04	-280	26,6	1 (alle)
7-MB	14,40	0,96	-282	26,6	1 (alle)
7-MB	14,45	0,92	-283	26,5	1 (alle)
7-MB	14,50	0,94	-283	26,5	1 (alle)
8-MB	14,55	1,30	-272	26,3	1 (alle)
8-MB	15,00	1,36	-272	26,0	1 (alle)
8-MB	15,05	1,28	-272	25,9	1 (alle)
8-MB	15,10	1,26	-272	25,8	1 (alle)

Liite 16. Mittauspöytäkirja 7.3.2012

1(3)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

7.3.2012

Tekijä: Tiina Sarkkinen
Valvoja: Carita Olsio-Kujanpää
Paikka: Nokian Lämpövoiman vesilaboratorio
Kerhotie 10, 37100 Nokia

Kenttämittaukset voimalaitoksella.

Käytetyt laitteet ja tarvikkeet:

- Natrium-analysaattori SODIUM 8037
- Näyttölaite SODIUM 8037
- Vertailulaite Polymetron SODIMET 9073
- 2 kpl muovisia näyteastioita

Ennen mittauksia laite kalibroitiin 2-pistekalibrointina kalibrointiliuosparilla, joiden natrium-pitoisuudet olivat 10 µg/l ja 1000 µg/l. Kalibrointikäyräksi oli saatu 95 %. Ennen mittauksia laitteen läpi laskettiin n. 15 minuutin ajan puhdistettua vettä laitteiston huuhtelemiseksi.

Näytteet otettiin kolmesta eri kohtaa voimalaitoksen vesikiertoja. Ensimmäinen näytteenottopiste oli ioninvaihtohartsien sekapedin (MB) jälkeen, toinen lisävedestä (LV) ja kolmas höyryturbiinin lauhdevedestä (HT). Jokaiselta näytepisteeltä otettiin kolme 1000 ml:n näytettä, jotka analysoitiin laitteella 1000 ml:n erä kerrallaan. Mittaustulokset kirjattiin noin neljän-viiden minuutin välein. Mittaustuloksia kirjattiin 5 kpl / näyte-erä. Mittauspisteiden välissä ja mittausten jälkeen laitteisto huuhdeltiin laskemalla laitteiston läpi n. 15 minuutin ajan puhdistettua vettä.

Vertailulukemat saatiin voimalaitoksen omalta natrium-analysaattorilta, Polymetron SODIMET 9073:ltä.

Mittaukset on taulukoitu mittauspöytäkirjan sivuille 2 ja 3.

2(3)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	VERTAILUMITTAUS (µg/l)
1-MB	9,10	1,10	-279	26,0	1 (0,4)
1-MB	9,14	1,05	-280	25,9	1 (0,4)
1-MB	9,18	0,96	-281	25,7	1 (0,4)
1-MB	9,22	0,96	-281	25,7	1 (0,4)
1-MB	9,27	1,02	-279	25,0	1 (0,4)
2-MB	9,40	0,82	-287	25,2	1 (0,4)
2-MB	9,44	0,85	-287	25,0	1 (0,4)
2-MB	9,48	0,75	-288	24,9	1 (0,4)
2-MB	9,52	0,76	-288	24,8	1 (0,4)
2-MB	9,55	0,73	-288	24,8	1 (0,4)
3-MB	10,00	0,91	-283	25,9	1 (0,4)
3-MB	10,05	0,81	-286	25,9	1 (0,4)
3-MB	10,10	0,74	-288	25,8	1 (0,4)
3-MB	10,14	0,72	-289	25,7	1 (0,4)
3-MB	10,18	0,72	-289	25,7	1 (0,4)
1-LV	10,45	0,77	-287	20,3	1 (alle)
1-LV	10,49	0,76	-287	20,3	1 (alle)
1-LV	10,53	0,76	-287	20,3	1 (alle)
1-LV	10,58	0,75	-287	20,3	1 (alle)
1-LV	11,02	0,75	-287	20,3	1 (alle)
2-LV	11,55	0,74	-288	20,2	1 (alle)
2-LV	11,59	0,69	-290	20,2	1 (alle)
2-LV	12,03	0,68	-290	20,2	1 (alle)
2-LV	12,07	0,68	-290	20,1	1 (alle)
2-LV	12,11	0,69	-290	20,2	1 (alle)
3-LV	12,20	0,90	-282	20,3	1 (alle)
3-LV	12,24	0,80	-286	20,4	1 (alle)
3-LV	12,27	0,79	-286	20,4	1 (alle)
3-LV	12,30	0,80	-286	20,4	1 (alle)
3-LV	12,34	0,79	-286	20,3	1 (alle)
1-HT	12,55	0,87	-286	17,4	1 (alle)
1-HT	13,00	0,73	-288	17,5	1 (alle)
1-HT	13,04	0,70	-289	17,4	1 (alle)
1-HT	13,08	0,66	-291	17,5	1 (alle)
1-HT	13,12	0,62	-292	17,6	1 (alle)

Jatkuu

3(3)

ERÄ	AIKA	LUKEMA (µg/l)	JÄNNITE (mV)	LÄMPÖTILA (°C)	VERTAILUMITTAUS (µg/l)
2-HT	13,25	0,65	-292	17,2	1 (alle)
2-HT	13,29	0,64	-292	17,3	1 (alle)
2-HT	13,33	0,60	-294	17,4	1 (alle)
2-HT	13,27	0,58	-295	17,5	1 (alle)
2-HT	13,42	0,57	-295	17,5	1 (alle)
3-HT	13,47	0,73	-288	17,2	1 (alle)
3-HT	13,52	0,70	289	17,2	1 (alle)
3-HT	13,56	0,68	-291	17,4	1 (alle)
3-HT	14,00	0,68	-290	17,4	1 (alle)
3-HT	14,05	0,67	-291	17,6	1 (alle)