

ÖLJYNÄYTTEIDEN ANALYSOINTI INFRAPUNASPEKTROFOTOMETRISELLÄ (IR) MENETELMÄLLÄ

Ohjeen laatija(t): Vesa Asikainen ja Pertti Pasanen
Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos
Puh. (017) 163 196, fax. (017) 163 191
S-posti: Vesa.Asikainen@uku.fi
Päivämäärä: 27.5.2002

1 ANALYYSIMENETELMÄN YLEISKUVAUS JA SOVELTUVUUS

Tämä menetelmäohje perustuu osittain Suomen standardisoimisliiton standardiin SFS 3010 veden öljyn ja rasvan määrittämisestä infrapunaspektrofotometrisellä menetelmällä (SFS, 1980). Menetelmäohjeessa kuvattu analyysimenetelmä soveltuu öljyisyyden ja rasvaisuuden määrittämiseen ilma-, vesi tai pintanäytteistä. Menetelmällä voidaan määrittää esimerkiksi ilmanvaihtotuotteiden pinnalta menetelmäohjeen (Asikainen ja Pasanen, 2002) mukaan kerättyjen näytteiden öljyisyys.

2 PERIAATE

Näytteessä olevasta öljystä tehdään vertailuliuosarja, johon näytteiden pitoisuutta verrataan. Liuottimena käytetään tetrakloorietyleeniä ja näytteet ajetaan infrapunaspektrofotometrillä.

3 LAITTEET JA VÄLINEET

Näytteiden analyysissä käytetään puhtaita, öljyttömiä astioita ja välineitä. Ennen kaikkea käytettävät välineet eivät saa sisältää hiilivetytuotteita eikä muita aineita, jotka voivat liueta käytettävään liuottimeen. Pesun ja vedellä huuhtomisen jälkeen tarvittavat välineet kuivataan. Käytettävät välineet säilytetään siten, etteivät ne joudu kosketukseen liuotinhöyryjä (asetonia, etanolia yms.) tai öljyä tai rasvaa sisältävän ilman kanssa. Mitä pienempiä pitoisuuksia määritetään, sitä huolellisemmin astiat on puhdistettava. Jos näytteiden analyysissä tai käsittelyssä käytetään hioksia, tulppia tai hanoja niitä ei koskaan saa voidella hanarasvalla tai vastaavalla aineella.

Pasteur pipettejä käytetään näytteiden siirtämiseen koeputkista mittauskyvetteihin.

Täyspipettejä käytetään hiilivetyseoksen, kalibrointikantaliuoksen ja vertailuliuosten valmistukseen.

Mittauskyvetit: Näytteet analysoidaan 10 tai 50 millimetrin kvartsikyvetteissä.

Infrapunaspektrofotometri (IR) tai Fourier transfer infrapunaspektrofotometri (FT-IR), jolla näytteen absorbanssi voidaan mitata alueella 2940-4000 nm.

4 REAGENSIT

Käytettävien reagenssien on oltava analyysipuhdasta laatua, ellei toisin ilmoiteta.

Tetrakloorietyleeni: Tetrakloorietyleeni (C₂Cl₄) on oltava laadultaan sellaista, ettei sillä ole merkittävää infrapuna-absorptiota alueella 2940-4000 nm.

5 LAITTEISTON JA MENETELMÄN TARKISTUS

5.1 Tetrakloorietyleenin puhtauden tarkistus

Jokaisen uuden tetrakloorietyleenierän puhtaus on tarkistettava. Lisäksi suositellaan puhtauden tarkistusta joka päivä, jotta varmistetaan, ettei tetrakloorietyleeni ole kontaminoitunut.

Kyvettien sisä- ja ulkopinnat huuhdotaan tetrakloorietyleenillä. Tetrakloorietyleenin spektri ajetaan aallonpituusalueella noin 3030-3700 nm. Mikäli aallonpituuksien 3380 nm ja 3420 nm (aaltolukujen 2960 ja 2925 1/cm) kohdalla olevat absorbanssihuiput ovat ilmataustalla suurempia kuin 0,5 prosenttiyksikköä, tetrakloorietyleeniä ei voi käyttää analysointiin vaan se on puhdistettava tai vaihdettava.

5.2 Perustason määrittäminen (koskee perinteisellä IR:llä tehtäviä analyysejä)

Kyvetit, jotka on puhdistettu huolellisesti ulko- ja sisäpuolelta tetrakloorietyleenillä, täytetään tetrakloorietyleenillä ja määritetään perustaso alueella 2940-3030 nm (aaltoluokina 3400...2500 1/cm). Perustason on oltava suora koko mitattavalla alueella. Mahdolliset absorbanssihuiput aiheutuvat liuottimen tai kyvetin epäpuhtaudesta, jolloin puhdistusta on jatkettava, kunnes perustaso on suora.

5.3 Ennen näytteenottoa tehtävät esikokeet

Ennen öljynäytteiden ottoa tulee selvittää voiteluaineen pääasiallinen koostumus tai raaka-aine, jotta voidaan valita sopiva näytteenotto ja analysointimenetelmä. Ennen ivtuotteen öljyisyydestä selvitetään myös näytteenottomenetelmän saanto ja luotettavuus sekä määritetään määrittämissä tutkittavalle öljylle. Suurimmalle osalle voiteluaineista tetrakloorietyleeni (TCE) on sopiva liuotin, jolloin analyysissä voidaan käyttää infrapunaspektrometria. Polaarille voiteluaineille soveltuu esim. dikloorimetaanin ja metanolin seos, jolloin näyte voidaan analysoida kaasukromatografisesti.

Kun sopiva liuotin ja analysointimenetelmä on saatu selville, määrätään voiteluaineen analysoinnissa käytettävä analysointialue. Analysointialue määrätään siten, että voiteluaineen spektrin piikit 2960 ja 2925 1/cm sisältyvät mahdollisimman täydellisesti analysointialueeseen. Analysointialueella ei kuitenkaan saa olla muita piikkejä, jotka voisivat vaikuttaa analyysituloksiin. Tyypillinen analysointialue on 2900-3000 1/cm.

Analysointialueen määrittelyn jälkeen määritetään uutotehokkuus kyseiselle voitelu- ja liuotinaineelle. Uutotehokkuus määritetään tekemällä tutkittavasta voiteluaineesta seitsemän näytteen vertailusarja (0-350µg/ml - taulukko 1), joka analysoidaan. Tehtyjen vertailuliuosten vasteita verrataan saman vahvuisiin näytteisiin (kolme rinnakkaista kustakin pitoisuudesta), joissa on ollut mukana näytteenotossa käytettävä näytteenotin. Näytteenotinnäytteet käsitellään kappaleen 6.2. mukaisesti. Uutotehokkuus lasketaan erikseen jokaiselle pitoisuudelle kaavalla 1, missä C_{uutto} on näytteenotimesta uutettu pitoisuus, N on uuttonäytteiden määrä ja C_{stand} on vertailuliuoksen pitoisuus. Uutotehokkuuden tulee olla yli 70% ja keskivirheen alle 2%, jotta kyseistä menetelmää voidaan käyttää öljynäytteiden analysoinnissa. Puutteellinen uutotehokkuus otetaan huomioon tekemällä voiteluainestandardit vastaavan näytteenottomateriaalin kanssa kuten uutotehokkuustestissä (katso myös kappale 6.2.).

$$T_{uutto} = \frac{\sum C_{uutto i}}{C_{s\ tan\ d} * N} \times 100\%$$

kaava 1

Näyte voidaan ottaa joko vakiovoimalaitteella painamalla (kierresaumakanavat ja tasopinnat) tai pinsettipainannalla (muut ilmanvaihtotuotteet). Kun näytteenottomenetelmä on valittu, selvitetään näytteenottomenetelmän tehokkuus ja luotettavuus kyseisen tuotteen ja voiteluaineen osalta. Näytteenoton saanto määritetään seuraavasti: 1. Puhdistetaan näytteenotossa käytettävällä liuottimella 11 kappaletta 5*5cm kokoisia levyjä, jotka on valmistettu sinkitystä kromatoidusta pellistä. Jokainen levy asetetaan omalle puhtaalle lasiselle maljalle. 2. Jokaisen levyn päälle lisätään pieni tippa tutkittavaa voiteluainetta ja öljy levitetään linssipaperilla tasaiseksi kerrokseksi peltilevyn pinnalle. 3. Peltilevyltä otetaan näyte valittua näytteenottomenetelmää käyttäen (Asikainen ja Pasanen, 2002 kappale 5). 4. Otettu näyte esikäsitellään (Asikainen ja Pasanen, 2002 kappale 6) ja analysoidaan. 5. Uutetaan peltilevyille jäävä voiteluaine lisäämällä sen päälle viisi millilitraa käytettävää liuotainainetta ja otetaan pesuliuos talteen koeputkeen. 6. Pelti nostetaan pois maljalta ja malja pestään kahdella millilitralla liuotinta. 7. Myös toinen pesuliuos otetaan talteen samaan koeputkeen. 8. Pesuliuosta ei haihduteta vaan se analysoidaan sellaisenaan kuten varsinainen näyte.

Analyysituloksista lasketaan näytteenottotehokkuus kaavalla 2, missä $C_{näyte i}$ on näytteen i pitoisuus ja C_{pesui} on pesuliuoksen i pitoisuus. Näytteenottotehokkuuden tulee olla yli 80% ja keskivirheen alle 2%, jotta kyseistä näytteenottomenetelmää voidaan käyttää öljynäytteen otossa. Näytteenottotehokkuus otetaan huomioon tulosten analysoinnissa jakamalla saatu öljyisyystulos näytteenottotehokkuudella (Pintojen voiteluainejäämien näytteenotto suodatinnimeytyksellä kappale 6.3. kaava 1).

$$T_{näytteenotto} = \frac{\sum C_{näyte i}}{\sum C_{pesu i} + \sum C_{näyte i}} \times 100\%$$

kaava 2

Voiteluaineen määritysraja lasketaan kymmenen suodatinnollanäytteen keskihajonnasta. Suodatinnollanäytteiden pitoisuudet lasketaan käyttäen tutkittavalle voiteluaineelle määritettyä vertailusuoraa, jonka jälkeen tuloksista lasketaan keskihajonta. Määritysrajana käytetään arvoa, joka on kuusi kertaa nollanäytteiden keskihajonta ($\mu\text{g/ml}$). Voiteluaineen määritysrajan tulee olla alle luokitusrajan, jotta menetelmää voidaan käyttää luokitusmittauksissa.

6 KVANTITOINTI

Näytteiden öljymäärä kvantitoidaan analysoitavasta voiteluaineesta tehdyn vertailuliuosarjan avulla.

6.1 Kantaliuoksen valmistus

1. Mitataan analyysiväällä (tarkkuus vähintään 0,1 mg) noin 10-30 mg käytettävää öljyä 10 ml:n mittapulloon. Mitatun öljyn massa merkitään muistiin.
2. Mittapullo täytetään merkkiin huoneen lämpöisellä tetrakloorietyleenillä. Täytön jälkeen mittapullo sekoitetaan hyvin.
3. Kantaliuoksen öljypitoisuus on 1-3 mg/ml.

6.2 Vertailuliuosten valmistus

Vertailuliuokset tehdään kantaliuoksesta kuuteen koeputkeen siten, että voimakkain pitoisuus on noin 300 µg/ml ja laimein noin 5 µg/ml. Tarvittaessa voidaan tehdä kantaliuoksen ja pitoisuudeltaan suurimman standardin välille välilaimennos. Ennen vertailuliuosten valmistusta suunnitellaan laimennossarja. Esimerkki laimennossarjasta ja standardien pitoisuuksista on taulukossa 1. Suodatinstandardit tehdään vastaavan näytteenottomateriaalin kanssa, jolloin uuttotehokkuuden vaihtelusta johtuva virhe pienenee. Standardit tehdään seuraavasti menetelmäohjeen (Asikainen ja Pasanen, 2002) mukaisesti:

1. Kantaliuoksesta tehdään tarvittaessa välilaimennos.
2. Näyteputkessa olevan suodattimen päälle pipetoidaan kyseistä standardia (taulukko 1).
3. Standardissa oleva liuotinaine haihdutetaan typpivirrassa pois näytteestä.
4. Näytteenotin uutetaan 7 ml:ssa TCE:tä ultraäänihauteessa yhden tunnin ajan.
5. Liuotin ja näyte erotetaan näytteenottomateriaalista sentrifugiputkeen. Erotuksessa pyritään mahdollisuuksien mukaan välttämään näytteenottomateriaalin joutumista mukaan näyteliuoksen joukkoon kuitenkin siten, että näyteliuos tulee kerättyä mahdollisimman tarkasti. Näytteenotin kuivataan painelemalla sitä puhdistetuilla pinseteillä koeputken seinämää vasten.
6. Näyteliuokset sentrifugoidaan, jolloin käytetty näytteenottomateriaali jää koeputken pohjalle. Sentrifugoinnissa käytetään kierrosnopeutena 3000 RPM, lämpötilana noin 23°C ja aikana 10 minuuttia.

6.3 Vertailuliuosten väkevyyksien lasku

Lasketaan vertailuliuosten väkevyydet seuraavan esimerkin mukaisesti:

Punnittu öljyn määrä on 12,0 mg, joten valmistetun kantaliuoksen pitoisuus on $12,0 \text{ mg}/10 \text{ ml} = 1,2 \text{ mg/ml} = 1200 \text{ µg/ml}$. Esimerkiksi taulukon 1 välilaimennoksessa kantaliuoksen määrä 1 ml ja TCE:n määrä 9 ml, joten välilaimennoksen pitoisuus $(1 \text{ ml} \cdot 1200 \text{ µg/ml})/10 \text{ ml} = 120,0 \text{ µg/ml}$.

Standardien ja uuttotehokkuusnäytteiden/suodatinstandardien pitoisuus lasketaan seuraavalla tavalla. Esimerkiksi standardiin/uuttotehokkuusnäytteeseen 4 lisätään 3 ml välilaimennosta, jonka pitoisuus on 120 µg/ml, joten öljyä lisätään 360 µg. Koska uuttotehokkuusnäytettä käsiteltäessä välilaimennoksessa oleva liuotin haihdutetaan pois, uutetaan näyte 7 ml TCE:llä, joten sekä standardin että uuttotehokkuusnäytteen/suodatinstandardin pitoisuus on $360 \text{ µg}/7 \text{ ml} = 51,4 \text{ µg/ml}$.

Taulukko 1 Esimerkki vertailuliuosten ja uuttotehokkuusnäytteiden valmistuksesta.

Näyte	Pitoisuus µg/ml	Standardiliuosten valmistuksessa käytettävä laimennossarja	
std 0	0	7 ml (TCE)	näytteenottimen kanssa
std 1	9	0.5 ml (VL) + 7 ml (TCE)	näytteenottimen kanssa
std 2	17	1 ml (VL) + 7 ml (TCE)	näytteenottimen kanssa
std 3	34	2 ml (VL) + 7 ml (TCE)	näytteenottimen kanssa
std 4	51	3 ml (VL) + 7 ml (TCE)	näytteenottimen kanssa
std 5	171	1 ml (KL)+7 ml (TCE)	näytteenottimen kanssa
std 6	343	2 ml (KL) + 7 ml (TCE)	näytteenottimen kanssa
VL	120	1 ml (KL) + 9 ml (TCE)	ilman näytteenotinta
KL	1200	12.0 mg (öljy) + 10 ml (TCE)	ilman näytteenotinta

KL= kantaliuos

VL= välilaimennos

6.4 Vertailuliuosten analysointi

1. Puhdistetaan kyvetit TCE:llä sekä sisä- että ulkopinnoilta.
2. Kun näytteet ajetaan perinteisellä IR-spektrofotometrillä, referenssikyvettiin laitetaan TCE:ä. Kun näytteet ajetaan FT-IR:llä ajetaan ensin ilmatausta, jossa näytteen paikalla on tyhjä kyveti. Tämän jälkeen ajetaan liuotin ilmataustalla, jolloin varmistetaan TCE:n puhtaudesta. Seuraavaksi TCE:llä ajetaan tausta-ajo, johon standardeja ja näytteitä verrataan (katso kappale 6.6.).
3. Lisätään kyvettiin standardit ja ajetaan standardit IR-spektrofotometrillä.
4. Ajetaan vertailuliuokset IR-spektrometrillä laimeimmasta (0) vahvimpaan.
5. Ajojen välillä kyveti huuhdellaan ensin TCE:llä, ja sitten mitattavalla vertailuliuoksella.
6. Kun käytetään IR:ää, standardit ajetaan ennen ja jälkeen varsinaisia näyteajoja ja näiden ajojen absorbanssien keskiarvoa käytetään määrittäessä näytteiden pitoisuuksia. Kun käytetään FT-IR:ää, standardit ajetaan kertaalleen ennen näytteiden ajoa ajo-ohjelmalla, joka mittaa absorbanssit 20 kertaa.
7. Kun käytetään FT-IR:ää, voidaan ajettut standardikäyrät tallettaa laitteen muistiin. Silloin kaikkia standardeja ei tarvitse ajaa uudelleen seuraavilla analysointikerroilla, jos kyseessä on sama voiteluaine ja sama liuotinerä. Kun liuotinerä muuttuu on standardit tehtävä ja analysoitava uudelleen.

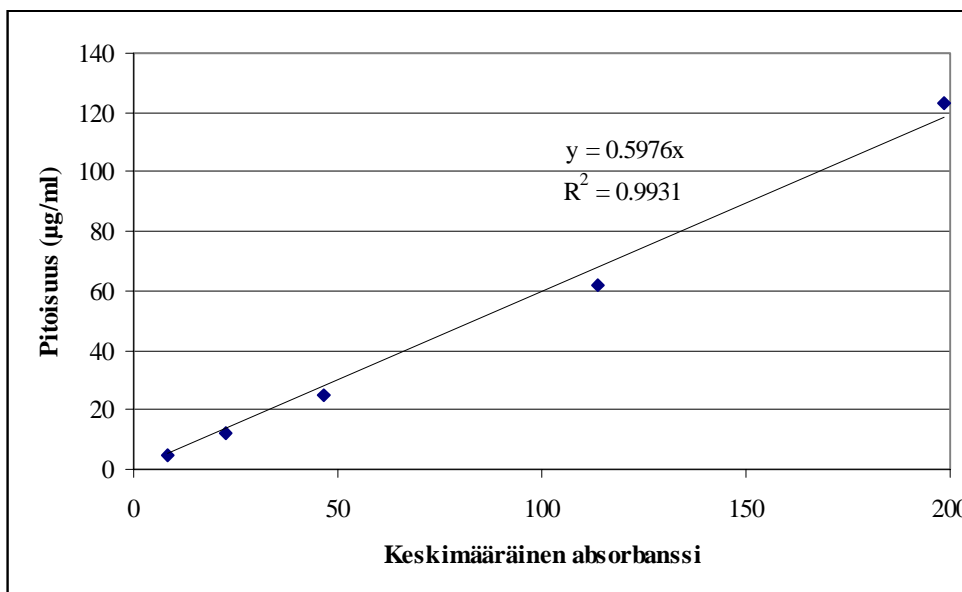
6.5 Vertailukäyrän määrittäminen perinteisellä IR:llä

1. Aallonpituuksien 2940-3030 nm välillä olevasta absorbanssiminimistä vedetään vaakasuora perusviiva.
2. Piirretyltä perusviivalta lähtien mitataan absorbanssit aallonpituuksien 3380 ja 3420 nm (aaltolukujen 2960 ja 2925 1/cm) kohdalla ja näiden kahden absorbanssin summa lasketaan yhteen. Tavallisesti perusviiva kulkee absorbanssiarvon 0.00 kohdalla, mutta jos perusviiva poikkeaa nollassa, molemmat mitatut absorbanssit täytyy korjata ennen niiden yhteenlaskua.

- Uudenaikaisten infrapunaspektrofotometriä piirturipaperina on usein joko lineaarinen tai logaritminen absorbanssiasteikko. Esitetyt arvot voidaan suoraan lukea piirturipaperista. Jos laite antaa tulokseksi transmittanssiarvoja, lukemat täytyy muuttaa absorbansseiksi taulukon avulla. Tällainen taulukko toimitetaan useimmiten laitteen mukana.
- Taulukkolaskentaohjelmaa (esimerkiksi Excel) apuna käyttäen piirretään lineaarisovituksen avulla vertailukäyrä (kuva 1), jossa edellä mainittujen absorbanssien nollakorjauksella korjattu keskiarvo esitetään vertailuliuosten todellisen pitoisuuden funktiona. Kuvassa 1 esitetty vertailukäyrä on laskettu taulukossa 2 esitettyjen mittaustuloksien perusteella. Taulukkolaskentaohjelma antaa sovitukselle lausekkeen ja lausekkeelle korrelaatiokertoimen. Saatua lauseketta käytetään laskettaessa näytteiden öljypitoisuuksia.

Taulukko 2 Vertailuliuosten pitoisuudet ja mittaamalla saadut absorbanssit ja korjatut absorbanssit

Standardin pitoisuus (µg/ml)	Absorbanssi (mittaus1)	Absorbanssi (mittaus 2)	Keskimääräinen absorbanssi	Korjattu keskimääräinen absorbanssi
0	5	2	3,5	0
5,0	12	12	12	8,5
12,4	27	25	26	22,5
24,8	52	48	50	46,5
61,8	120	114	117	113,5
122,9	207	197	202	198,5



Kuva 1 Vertailukäyrä, jossa vertailuliuosten absorbanssien nollakorjauksella korjattu keskiarvo esitetään vertailuliuosten todellisen pitoisuuden funktiona

6.6 Vertailusuoran määrittäminen FT-IR:llä

Ennen näytteiden ajoa FT-IR:llä määritetään laitteen energiaspektri, josta varmistetaan laitteen toimivuus. Energiaspektrin ajon jälkeen ajetaan: a. ilma-tausta eli taustaspektri ilman kyvetiä, b. ilma-tausta ilmataustalla, c. tyhjä kyveti ilmataustalla, d. kyveti-tausta eli taustaspektri kyvetin kanssa, e. TCE:llä täytetty kyveti kyveti-taustalla ja f. TCE-tausta eli taustaspektri TCE:llä täytetyn kyvetin kanssa.

Varsinaiset näytteet ja standardit ajetaan aina TCE-taustalla.

Vertailusuoran määrittämisessä käytetään laitteen *Multipoint calibration*-ominaisuutta, jolla määritetään vertailusuora useiden vertailuliuosten avulla.

Vertailusuoran määrittäminen tehdään seuraavalla tavalla:

1. Avataan vähintään yksi ajetuista standardeista
2. Avataan kalibrointi-työkalu
3. Etsitään valmiiksi ajetut vertailuliuosten tiedostot ja lisätään ne taulukkoon
4. Vertailuliuosten pitoisuudet ilmoitetaan
5. Asetetaan käytettäväksi yksiköksi $\mu\text{g/ml}$
6. Asetetaan käytettäväksi analyysitavaksi piikkien pinta-alan määrittämiseen perustuva määrittäminen
7. Asetetaan käytettäväksi vertailusuoran laskutavaksi lineaarinen sovitus. Määritetään, ettei kalibroinnissa käytetä origo mittauspistettä
8. Muut asetukset: Analysoinnissa käytetään automaattista nollassokorjausta
9. Asetetaan laitteeseen analyysissä käytettävät aallonpituusalue (*Range*), joka vaihtelee tutkittavasta voiteluaineesta riippuen. Käytettävä aallonpituusalue päätetään esitestien yhteydessä (katso kappale 5.3.) ja sitä käytetään kaikissa kyseiselle voiteluaineelle tehtävissä analyyseissä. Kun mitattavat aallonpituusalue on valittu, tallennetaan se seuraavia analyysejä varten. Tämän jälkeen palataan takaisin kalibrointitaulukkoon.
10. Lasketaan vertailusuora
11. Tallennetaan kalibrointisuora
12. Vertailusuorasta voidaan tulostaa raportti tai kuva

7 NÄYTTEIDEN ANALYSOINTI

Näytteiden välillä mittauskyvetti huuhdellaan ensin TCE:llä ja sen jälkeen ajettavalla näytteellä. Näytteet ajetaan kuten vertailunäytteet (katso kappaleet 6.4-6.6) Tässä menetelmäohjeessa on ohjeet vain analysoidun näytteen öljyisyyden määrittämiseksi. Lopullinen kerätyn näytteen öljyisyyden laskeminen on ohjeistettu kussakin menetelmäohjeessa erikseen. Esimerkiksi pinnan öljyisyyden osalta pinnan öljyisyys (mg/m^2) lasketaan menetelmäohjeen (Asikainen ja Pasanen, 2002) mukaisesti.

7.1 Näytteiden öljypitoisuuden määrittäminen perinteisellä IR:llä

Näytteitä ajettaessa varsinaisten näytteiden absorbanssia verrataan referenssikyvetyssä olevan puhtaan TCE:n absorbanssiin. Näyte ajetaan kaksi kertaa ja tuloksena käytetään näiden ajojen absorbanssien keskiarvoa. Saatua tulos sijoitetaan vertailusuoran yhtälössä x:n paikalle, jolloin saadaan tulos $\mu\text{g/ml}$. Esimerkiksi, jos näytteen yhteen laskettujen

absorbanssien keskiarvo on 78, on näytteen öljypitoisuus kuvan 1 kaltaisessa esimerkkitapauksessa $0,5976 \mu\text{g/ml} \cdot 78 = 46,6 \mu\text{g/ml}$.

7.2 Näytteiden öljypitoisuuden määrittäminen FT-IR:llä

Näytteen pitoisuus lasketaan seuraavasti:

1. Avataan näytteen tiedosto
2. Valitaan analyysiohjelman kvantitointi-työkalu
3. Valitaan haluttu vertailusuora, johon näytettä verrataan
4. Ohjelma ilmoittaa näytteen pitoisuuden ($\mu\text{g/ml}$)
5. Tarvittaessa analyysistä voidaan tulosta raportti tai kuva

8 TYÖTURVALLISUUSOHJEITA

Liuottimia käsiteltäessä on käytettävä suojakäsineitä suojaamaan ihoa ja vähentämään liuottimen imeytymistä ihon läpi. Liuottimen annosteluun on aina käytettävä apuvälineitä (esimerkiksi mittapipettejä), jotka on valmistettu jostain inertistä aineesta (esimerkiksi lasista, teräksestä tai teflonista). Kaikki työvaiheet pyritään tekemään vetokaapissa. Jos jotakin työvaihetta ei voida tehdä vetokaapissa, työskentelijän on käytettävä liuotinhöyryiltä suojautumiseen tarkoitettua hengityssuojainta.

Liuotinjäämiä ei saa kaataa viemäriin. Liuotin kerätään säiliöihin, joista se viedään hävitettäväksi. Myös liuottimen käsittelyyn käytetyt välineet (pipetit, paperipyyhkeet yms.) on säilytettävä vetokaapissa tai ilmatiiviissä astiassa siihen saakka, kunnes niistä ei enää haihdu liuotinta, minkä jälkeen välineet huuhdellaan asetonilla ja pestään normaalin tiskin joukossa.

LÄHDEKIRJALLISUUTTA

Asikainen ja Pasanen (2002). Ilmanvaihtotuotteiden testausohje: Pintojen voiteluainejäämien näytteenotto suodatinimeytyksellä Versio 2.0. 5 s.

Suomen standardisointiliitto (1980). Veden öljyn ja rasvan määrittäminen. Infrapunaspektrofotometrinen menetelmä. 10 s.