



Päästömittausryhmien väliset savukaasujen vertailumittaukset ja kiinteästi asennettujen päästömittalaitteiden toiminnan laadunvarmistus referenssimenetelmien avulla

Kirjoittajat Tuula Kajolinna, Harri Puustinen, Tuula Pellikka

Luottamuksellisuus Julkinen



Raportin nimi Päästömittauslaboratorioiden väliset savukaasujen vertailumittaukset ja kiinteästi asennettujen päästömittalaitteiden laadunvarmistus referenssimenetelmien avulla	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Markku Hietamäki, Ympäristöministeriö	Asiakkaan viite YM23/481/2005
Projektin nimi LCP-laitoksen päästöjen vertailumittaus 2005-2006	Projektin numero/lyhytnimi LCP
Raportin laatija(t) Tuula Kajolinna, Harri Puustinen ja Tuula Pellikka	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 41
Avainsanat SFS-EN 14181, päästömittaus, vertailumittaus, LCP, QAL2	Raportin numero VTT-R-08503-06
Tiivistelmä <p>Savukaasujen kansalliset vertailumittaukset tehtiin 24.10 - 4.11.2005 välisenä aikana Kymin Voima Oy:n Kuusankosken voimalaitoksessa. Vertailumittausten tarkoituksena oli selvittää päästömittausten laadullinen taso sekä mittaustulosten perusteella tehtyjen QAL 2-laskentojen taso. QAL 2-laskennoilla validoidaan LCP-laitosten (large combustion plants) kiinteästi asennettujen päästömittalaitteiden laatu valtioneuvoston LCP-asetuksen N:o 1017/2002 vaatimusten mukaisesti.</p> <p>Vertailumittauksiin osallistuivat seuraavat päästömittauslaboratoriot: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy, Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy, Envimetria Oy, Electrowatt-Ekono Oy, Nab Labs Prosessianalytiikka Oy, UPM-Kymmene Oyj / Tutkimuskeskus, UPM-Kymmene Oyj / Wisaforest, VTT ja AX-LVI Oy / Dekati Measurements. Vertailumittaukset jakautuivat kahteen osaan: 1) vertailumittauksiin päästömittaajien kesken sekä 2) standardin SFS-EN14181 QAL2:n laskentojen vertailuun.</p> <p>Tulokset osoittavat, että savukaasujen mittaustulokset eroavat toisistaan joissakin tapauksissa merkittävästi. Päästömittauslaboratorioiden on parannettava mittaustensa laatua ja kehitettävä standardin SFS-EN 14181 käyttöä. Standardin SFS-EN 14181 käytettävyyttä AMS:n laadunvarmistukseen tulee lisäksi parantaa implementoimalla se kansalliseen käyttöön siten, ettei enää olisi erilaisten tulkintojen mahdollisuutta.</p>	
Luottamuksellisuus	julkinen
Espoo 27.10.2006 Allekirjoitukset	
Jukka Lehtomäki	Tuula Pellikka
Harri Puustinen	
VTT:n yhteystiedot VTT, PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111	
Jakelu Markku Hietamäki Ympäristöministeriö, vertailumittauksiin osallistuneet laboratoriot	
<p style="text-align: center;"><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>	

Tiivistelmä

Savukaasujen kansalliset vertailumittaukset tehtiin 24.10 - 4.11.2005 välisenä aikana Kymin Voima Oy:n Kuusankosken voimalaitoksessa. Mittausten kohteena olivat voimalaitoksen leijupetikattilan savukaasut.

Vertailumittauksiin osallistuivat seuraavat päästömittaustalorit: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy, Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy, Envimetria Oy, Electrowatt-Ekono Oy, Nab Labs Prosessianalytiikka Oy, UPM-Kymmene Oy / Tutkimuskeskus, UPM-Kymmene Oy / Wisaforest, VTT ja AX-LVI Oy / Dekati Measurements.

Vertailumittaukset jakautuivat kahteen osaan:

1. vertailumittauksiin päästömittaajien kesken sekä
2. standardin SFS-EN14181 QAL2:n laskentojen vertailuun.

Vertailumittausten tarkoituksena oli selvittää päästömittausten laadullinen taso sekä mittaustulosten perusteella tehtyjen QAL 2-laskentojen taso. Vertailumittausten sekä QAL 2-laskentojen avulla validoidaan LCP-laitosten kiinteiden päästömittalaitteiden laatu valtioneuvoston LCP-asetuksen N:o 1017/2002 vaatimusten mukaisesti.

Raportissa käsitellään sekä akkreditoituilla että akkreditoinnin hakuvaiheessa olevilla päästömittausten menetelmillä saatuja tuloksia.

Vertailumittaukset tehtiin kahdessa jaksossa. Ensimmäiseen jaksoon osallistui viisi päästömittaustaloriot ja toiseen jaksoon neljä päästömittaustaloriot. Kaasumaiset savukaasukomponentit mitattiin viidessä mittausjaksossa ja hiukkaspitoisuudet mitattiin yhdeksässä mittausjaksossa. Laitoksen kiinteiden päästömittalaitteiden validointi tehtiin standardin SFS-EN 14181 mukaisesti.

Tulokset osoittavat, että savukaasujen mittaustulokset eroavat toisistaan joissakin tapauksissa merkittävästi ja usealla laboratoriollla oli lisäksi puutteita standardin SFS-EN 14181 soveltamisessa. Tämä voi johtaa mm. siihen, että toiminnanharjoittajan viranomaisille ilmoittamat päästötiedot voivat olla merkittävästi virheellisiä.

Sisällysluettelo

1	TAUSTA	4
2	MITTAUSKOHDDE JA KOEJÄRJESTELY	5
3	MITTAUSMENETELMÄT JA LAITTEISTOT	6
4	TULOKSET	8
4.1	LABORATORIOIDEN VÄLISET VERTAILUT: MITTAUKSET 25.-27.10.2005 (VIIKKO 1).....	8
4.1.1	<i>O₂-pitoisuus</i>	9
4.1.2	<i>CO₂-pitoisuus</i>	10
4.1.3	<i>CO-pitoisuus</i>	11
4.1.4	<i>H₂O-pitoisuus</i>	12
4.1.5	<i>NO_x-pitoisuus</i>	13
4.1.6	<i>SO₂-pitoisuus</i>	14
4.1.7	<i>Hiukkaspitoisuus</i>	15
4.1.8	<i>Lämpötila</i>	16
4.1.9	<i>Tilavuusvirtaus</i>	17
4.2	LABORATORIOIDEN VÄLISET VERTAILUT: MITTAUKSET 1.-3.11.2005 (VIIKKO 2).....	18
4.2.1	<i>O₂-pitoisuus</i>	19
4.2.2	<i>CO₂-pitoisuus</i>	20
4.2.3	<i>CO-pitoisuus</i>	21
4.2.4	<i>H₂O-pitoisuus</i>	22
4.2.5	<i>NO_x-pitoisuus</i>	23
4.2.6	<i>SO₂-pitoisuus</i>	24
4.2.7	<i>Hiukkaspitoisuus</i>	25
4.2.8	<i>Lämpötila</i>	26
4.2.9	<i>Tilavuusvirtaus</i>	27
4.3	QAL 2-LASKENNAN VERTAILUT.....	28
4.3.1	<i>Tausta</i>	28
4.3.2	<i>NO_x</i>	29
4.3.3	<i>SO₂</i>	31
4.3.4	<i>Hiukkaset</i>	33
5	TULOSTEN TARKASTELU	35
5.1	LABORATORIOIDEN VÄLISTEN VERTAILUJEN TARKASTELU.....	36
5.2	QAL 2-LASKENTOJEN TARKASTELU.....	37
5.2.1	<i>NO_x ja SO₂</i>	37
5.2.2	<i>Hiukkaset</i>	38
5.2.3	<i>Päästöt</i>	39
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	39
	LÄHDEVIITTEET	40

1 Tausta

Suomessa on järjestetty kansallisia hiukkas- ja kaasuvirtailumittauksia viidentoista vuoden ajan. Rahoittajina näissä mittauskampanjoissa ovat olleet Ympäristöministeriö ja VTT. VTT on vastannut näiden hankkeiden toteutuksesta. Virtailumittauksiin osallistuneet päästömittaustalaboratoriot ovat vastanneet omista kustannuksistaan.

Tulokset ovat osoittaneet, että virtailumittauksilla on keskeinen asema päästömittaajien mittausmenetelmien laadunvarmistuksessa. Päästömittaajat ovat myös käyttäneet hyväksi virtailumittausten tuloksia mm. akkreditointia hakiessaan.

EU:n yhteisölaainsäädännössä on valmistunut viime vuosina direktiivit suurille polttolaitoksille (large combustion plants, LCP) 2001/80/EC sekä jätteenpoltolle 2000/76/EC. Nämä direktiivit aiheuttavat muutoksia suomalaisiin päästömittauskäytäntöihin, kuten päästömittauksiin ja niiden laadunvarmistukseen sekä päästörajoihin. Direktiivit on otettu käyttöön Suomessa valtioneuvoston asetuksina N:o 1017/2002 (LCP-asetus) sekä N:o 362/2003 (jätteenpoltoasetus).

Yhteistä molemmille edellä mainituille asetuksille on se, että niissä esitetään vaatimuksia päästöjen jatkuvatoimiselle mittaukselle ja mittausten laadunvarmistukselle. Ensimmäisenä nämä uudet mittausvelvoitteet astuivat voimaan 27.11.2004 alkaen yli 100 MW:n voimalaitoksilla, joissa vaaditaan jatkuvatoimisia mittauksia (tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta) rikkidioksidi-, typenoksidi ja hiukkaspitoisuudelle.

Mittausten epävarmuuden toteamiseksi on valmistunut kesällä 2004 standardi ”Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistus”, Quality assurance of automated measuring systems, EN 14181, joka esittää seuraavaa;

- miten virtailumittauksin osoitetaan laitoksen päästömittalaitteiden toimivan direktiivin/asetusten esittämien vaatimusten mukaisesti sekä
- kuinka mittausten laatu varmistetaan myös virtailumittausten välillä

Laadunvarmistus on standardissa jaettu neljään osaan:

- QAL 1: Quality check of the measuring procedure = mittausmenetelmän soveltuvuus käyttökohteeseen (EN-ISO14956)
- QAL 2: Quality assurance of installation = kiinteästi asennettujen mittalaitteiden (AMS) kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän (SRM) avulla
- QAL 3: Ongoing quality assurance during operation = käytönaikainen laadunvarmistus
- Lisäksi vuosittainen valvonta eli Annual Surveillance Test, AST

Kansallisia vertailumittauksia tulee järjestää, koska päästömittaajien on osoitettava pätevyytensä uusien EN-standardien käytössä. Toiminnanharjoittajan on lisäksi teetettävä ulkopuolisella mittajalla rinnakkaismittauksia, joilla osoitetaan kiinteästi asennettujen mittalaitteiden (AMS) kelpoisuus asetuksessa esitettyjen vaatimusten suhteen.

Projektin tavoitteena oli selvittää päästömittausryhmien välisten vertailumittausten avulla mittaustulosten hajonta. Tuloksia käytetään myös hyväksi mahdollisten mittauksiin liittyvien systemaattisten virheiden korjaamiseksi sekä virheellisten toimintatapojen oikaisemiseksi.

Mittauksiin osallistuvilla laboratorioilla on mahdollisuus tulosten perusteella arvioida mittausmenetelmänsä epävarmuutta, joka on keskeinen asia muun muassa akkreditoinnissa.

Jokainen mittausryhmä määrittä tässä hankkeessa itsenäisesti referenssivertailumittausten ja SFS-EN 14181:n QAL 2-mukaisen laskennan avulla, täyttävätkö laitoksen kiinteästi asennetut mittalaitteet (AMS) asetuksen vaatimukset mittausepävarmuuden suhteen.

2 Mittauskohde ja koejärjestely

Vertailumittaukset tehtiin Kymin Voima Oy:n Kuusankosken voimalaitoksella 25.-27.10.2005 ja 1.-4.11.2005. Leijupetikattilan biomassan polttoainetehon nimellisarvo on 290 MW ja höyrytehon nimellisarvo on 269 MW.

Voimalaitoksen polttoaineena oli puun kuori ja turve. Turpeen osuutta lisättiin asteittain molemmilla mittausviikoilla rikkipitoisuuden nostamiseksi.

Vertailumittauksissa laboratoriot määrittivät poistokaasujen hiukkas- ja kaasupitoisuudet sekä mittasivat tilavuusvirran suuruuden. Mitattuja kaasumaisia komponentteja olivat O₂, CO₂, CO, H₂O, NO_x ja SO₂.

Mittauspaikka sijaitsi piipussa mittaustarkoitukseen rakennetulla tasolla noin 60 metrin korkeudessa. Mittauspaikka täytti standardien esittämät vaatimukset häiriöttömästä virtauksesta. Ennen mittauksia varmistettiin, että savukaasut olivat homogeenisesti jakautuneet mittaustasossa.

Kaasumaisten komponenttien mittaus tehtiin koko mittausjaksojen ajan samasta mittauspisteestä laboratoriodien omista mittausyhteistä. Virtaus- ja hiukkasmittaukset suoritettiin verkkomittauksena neljästä yhteestä kanavan eri puolilta.

Standardi SFS-EN 14181 edellyttää, että vertailumittaukset tehdään vähintään 15 mittausparin (kesto vähint. 30 min, kokonaisaika 7 h 30 min) avulla.

Jatkuvatoimisten hiukkasmittalaitteiden laadunvarmistusstandardissa (SFS-EN13284-2) esitetään kuitenkin poikkeus mittaparien lukumäärään. Jos kaikki hiukkasmittaustulokset ovat < 30 % päästöraja-arvosta (ELV), voidaan mittaparien lukumäärää vähentää siten, että niitä kuitenkin on vähintään 5 kpl. Voimalaitoksella tehdyissä alustavissa mittauksissa todettiin, että hiukkaspitoisuudet ovat alle 30 % ELV:stä, minkä vuoksi hiukkasmittauksia

tehtiin yhdeksän. Tällöin yhden mittauksen kestoa pidennettiin siten, että mittausten kokonaisaika oli yli 7 h 30 min.

Hiukkasmittauksia tehtiin kolme kappaletta päivässä, ja samoilta ajankohdilta verrattiin ensimmäisellä viikolla myös kaasupitoisuudet katkeamattomana keskiarvona. Toisella viikolla laboratoriot sopivat keskenään kaasumaisten komponenttien vertailtavat ajankohdat. Lisäksi kaasupitoisuuksia vertailtiin kahdelta tunnin jaksolta päivittäin, eli yhteensä kaasupitoisuusvertailuita oli viisi/päivä. Ensimmäisellä viikolla virtausmittaukset tehtiin ennen kutakin hiukkaspitoisuusmittausta ja toisella viikolla virtausmittauksia tehtiin kaksi ennen ensimmäistä hiukkasmittausta sekä kolmas kolmannen hiukkasmittauksen jälkeen.

3 Mittausmenetelmät ja laitteistot

Vertailumittauksiin osallistui yhteensä yhdeksän laboratoriota. Seitsemän laboratoriota osallistui hiukkaspitoisuusmittauksiin. Kaasumaisista komponenteista kaikki laboratoriot mittasivat O₂-, NO_x sekä H₂O- pitoisuudet ja kahdeksan laboratoriota CO-, SO₂- ja CO₂-pitoisuudet. Yksi laboratorio mittasi hiukkaspitoisuuden standardin SFS 3866 mukaisesti. Näitä tuloksia ei tässä raportissa kuitenkaan käsitellä, sillä standardi SFS 3866 ei ole LCP-asetuksen vaatimuksen mukainen CEN-standardi.

Taulukko 1. Laboratorioiden vertailumittauksissa käyttämät mittalaitteet ja niiden mittausperiaatteet.

	Mittausperiaate	Mittalaite	Kalibrointikaasu
O ₂	Sähkökemiallinen	PPM 960 IRC	9,05 %
	Paramagneettinen	H&B Magnos 6 G	9,04 %
	Paramagneettinen	Siemens Oxymat 61	8,93 %
	Paramagneettinen	Xentra 4900	0 ppm
	Paramagneettinen	M&C PMA 25	5,05 %
	Paramagneettinen	Servox 570 A	0 ppm
	Paramagneettinen	Horiba PG-250	9,0 %
	Sähkökemiallinen	PPM 960	0 ppm
	Sähkökemiallinen	Gasmet SS-330	
CO ₂	IR-absorptio	PPM 960 IRC	15,0 %
	IR-absorptio	Xentra 4900	25 %
	IR-absorptio	H&B Uras 14 E	14,7 %
	IR-absorptio	H&B Uras 10 E	9,96 %
	NDIR	Horiba PG-250	19,1 %
	IR-absorptio	PPM 960	0 ppm
	FTIR	Gasmet Dx4000	
CO	IR-absorptio	PPM 960 IRC	461 ppm
	NDIR	H&B Uras 10 E	191 ppm
	Infrapuna	H&B Uras 3 G	453 ppm
	GFC-infrapuna	Xentra 4900	447 ppm
	IR-absorptio	H&B Uras 14 E	148 ppm
	IR-absorptio	H&B Uras 10 E	202 ppm
	NDIR	Horiba PG-250	397 ppm
	FTIR	Gasmet Dx4000	
H ₂ O	Lauhdutus	EMES 3866 A	

	Lauhdutus Lauhdutus Lauhdutus Lauhdutus Lauhdutus Lauhdutus FTIR	Sick Gravimat SCH 501 Metlab Mini Plus STL Gas Sick Gravimat 502 EMES 3866 Sick Gravimat SCH 502 Gasmot Dx4000	
NO _x	Kemiluminesenssi Kemiluminesenssi Kemiluminesenssi Kemiluminesenssi Kemiluminesenssi Kemiluminesenssi Kemiluminesenssi Kemiluminesenssi FTIR	ML 9841 B Eco Physics CLD 700 EL ML 8840 T.E.I. 42 ML 9850 Eco Physics CLD 700 EihT Horiba PG-250 ML 8840 Gasmot Dx4000	454 ppm NO _x 2334 ppm NO _x 403 ppm NO _x 401 ppm NO _x 292 ppm NO 83,6 ppm NO _x 198 ppm NO _x 285 ppm NO
SO ₂	UV-fluoresenssi UV-fluoresenssi UV-fluoresenssi UV-fluoresenssi UV-fluoresenssi NDIR UV-fluoresenssi FTIR	ML 9850 Thermo Electron 10 A ML 8850 T.E.I. 43A ML 9850 Horiba PG-250 T.E.I. 43A Gasmot Dx4000	182 ppm 89,3 ppm 398 ppm 101 ppm 184 ppm 93,4 ppm 191 ppm
Hiukkaset	Gravimetrinen Gravimetrinen Gravimetrinen Gravimetrinen Gravimetrinen Gravimetrinen	Sick Gravimat SCH 501 Metlab Mini Plus Sick Gravimat 502 Sick SHC 5 Sick Gravimat SCH 502 STL-Combi	
Tilavuus- virtaus		CPM-mikromanometri Sick Gravimat SCH 501 Alnor-mikromanometri DMP 570 SL Mikromanometri MIKOR AP 170 S	
Lämpötila	K-termoelementti		

Kuusankosken voimalaitokselle kiinteästi asennetut päästömittalaitteet (AMS):

SO₂: Servomex Xentra 4900, ekstraktiivinen näytteenotto ja analyysi kuivatusta savukaasusta

NO_x: TEL 42 C, ekstraktiivinen näytteenotto ja analyysi kuivatusta savukaasusta

Hiukkaspitoisuus: PCME, optinen in-situ-mittaus

4 Tulokset

Vertailumittaustulokset on raportissa jaettu perinteiseen laboratorioden väliseen vertailuun sekä QAL 2-laskentaan liittyvään vertailuun. Laboratorioden tulokset käsitellään mittausviikoittain.

4.1 Laboratorioden väliset vertailut: Mittaukset 25.-27.10.2005 (viikko 1)

Tulokset esitetään komponentti kerrallaan. Tuloksiin on listattu myös laitoksen mittaustulokset niille komponenteille, joille on kiinteät mittalaitteet. Tuloksista on laskettu keskiarvot ja yksittäisille mittauksille niiden erot keskiarvosta. Keskiarvoihin ei ole laskettu laitoksen mittaustuloksia mukaan.

Mittausajankohdat 25.-27.10.2005:

Hiukkaset

	pvm	klo
1.	25.10.2005	10:10-11:44
2.	25.10.2005	13:35-15:05
3.	25.10.2005	15:49-17:19
4.	26.10.2005	09:01-10:24
5.	26.10.2005	13:28-14:54
6.	26.10.2005	15:36-16:57
7.	27.10.2005	08:44-10:04
8.	27.10.2005	14:06-15:27
9.	27.10.2005	16:03-17:22

Virtaus

	pvm	klo
1.	25.10.2005	09:04-09:37
2.	25.10.2005	13:00-13:20
3.	25.10.2005	15:25-15:35
4.	26.10.2005	08:34-08:50
5.	26.10.2005	13:09-13:20
6.	26.10.2005	14:14-14:30
7.	27.10.2005	08:25-08:40
8.	27.10.2005	12:43-12:57
9.	27.10.2005	15:43-15:55

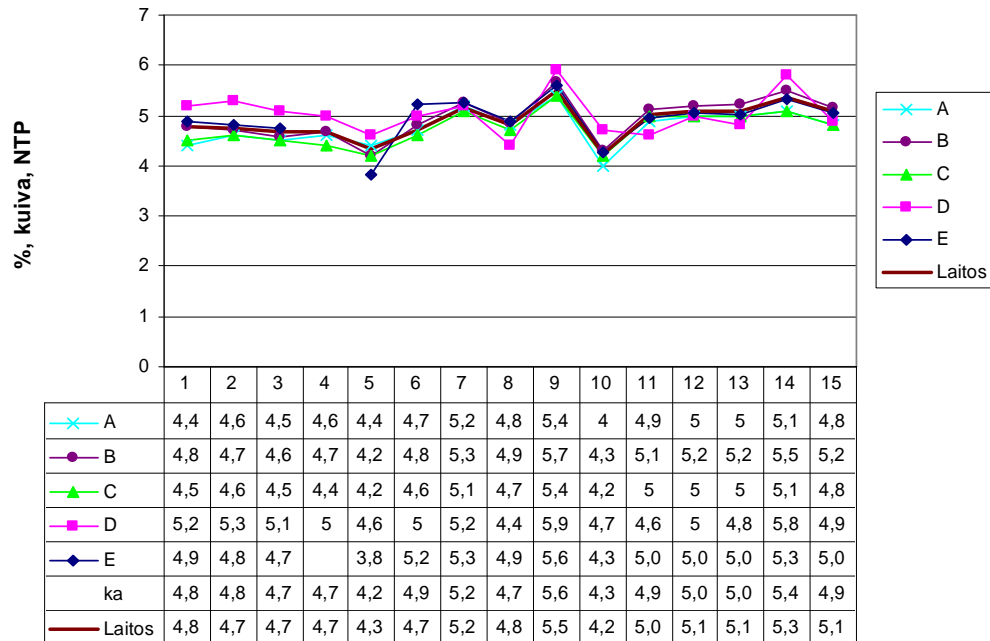
Kaasut

	pvm	klo
1.	25.10.2005	10:10-11:44
2.	25.10.2005	13:35-15:05
3.	25.10.2005	15:49-17:19
4.	25.10.2005	18:11-19:11
5.	25.10.2005	19:16-20:16
6.	26.10.2005	09:01-10:24
7.	26.10.2005	10:46-11:46
8.	26.10.2005	11:57-12:57
9.	26.10.2005	13:28-14:54
10.	26.10.2005	15:36-16:57
11.	27.10.2005	08:44-10:04
12.	27.10.2005	10:25-11:25
13.	27.10.2005	11:31-12:31
14.	27.10.2005	14:06-15:27
15.	27.10.2005	16:03-17:22

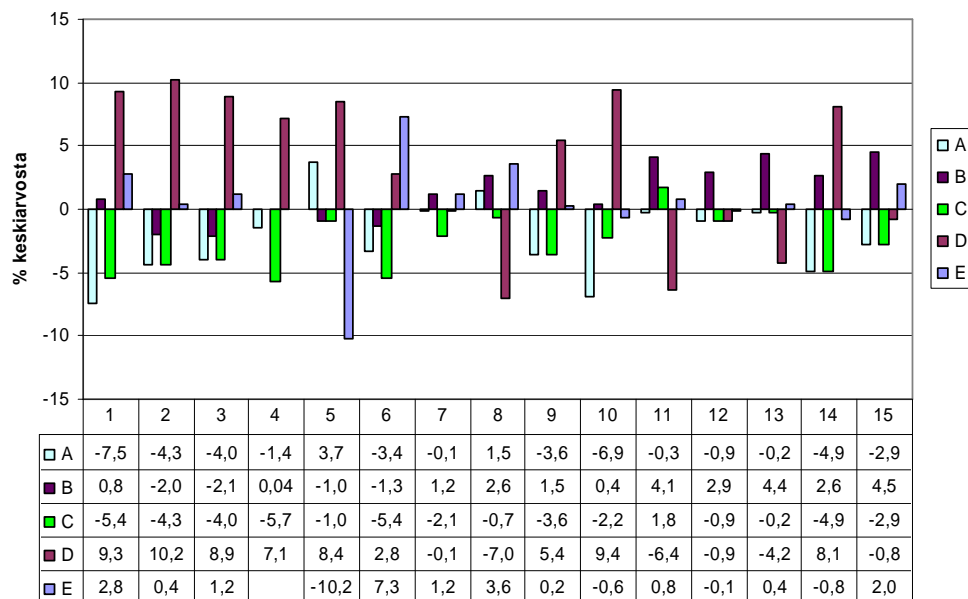
Polttoainetehon keskiarvo mittausten aika:		
pvm	polttoaineteho yht. MW	turpeen osuus MW
25.10.2005	226,4	39,2
26.10.2005	180,5	70,9
27.10.2005	183,4	143,8

4.1.1 O₂-pitoisuus

Happimittauksien tulokset ja keskiarvot ensimmäisen mittausjakson aikana 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 1 ja yksittäisten mittaustulosten erot (%) keskiarvosta kuvassa 2.

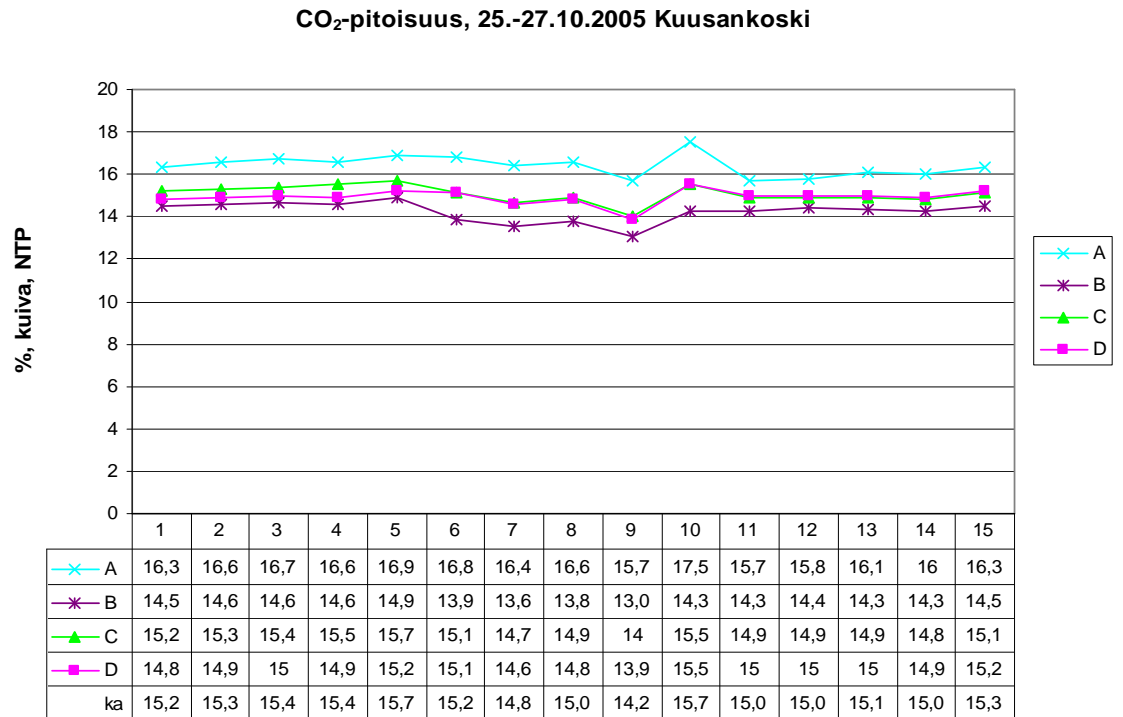
 O₂-pitoisuus, 25.-27.10.2005 Kuusankoski


Kuva 1. Happipitoisuudet 25.-27.10.2005, Kuusankoski

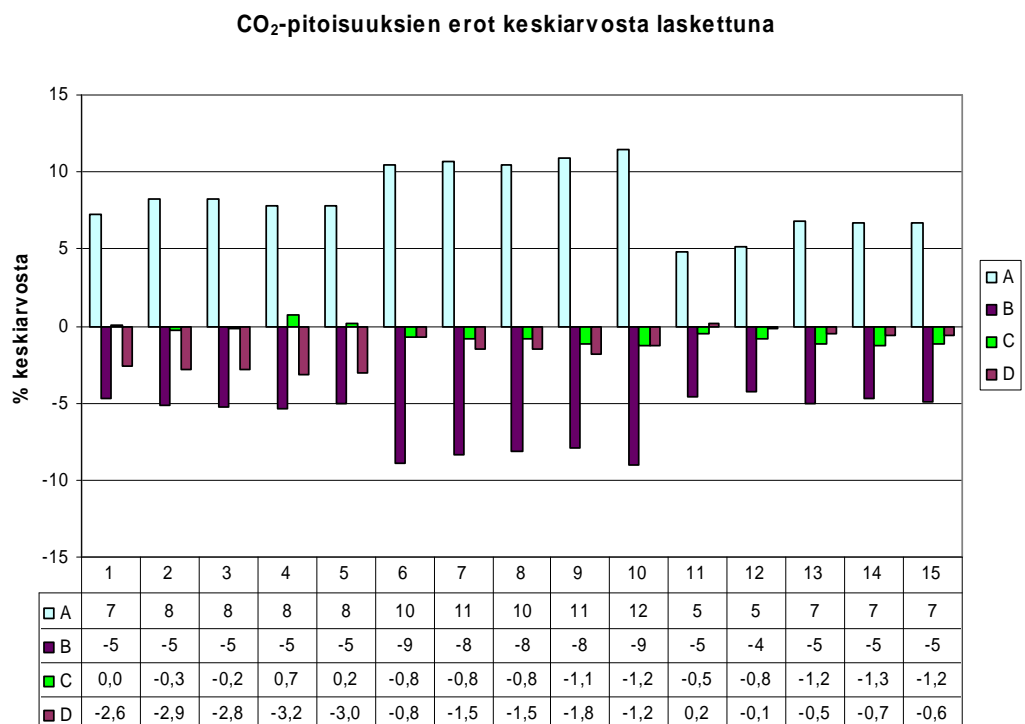
 O₂-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna

 Kuva 2. Yksittäisten O₂-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 25.-27.10.2005

4.1.2 CO₂-pitoisuus

Hiilidioksidimittauksien tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 3 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 4. Laboratorio E ei osallistunut vertailuun.



Kuva 3. Hiilidioksidipitoisuudet 25.-27.10.2005, Kuusankoski.

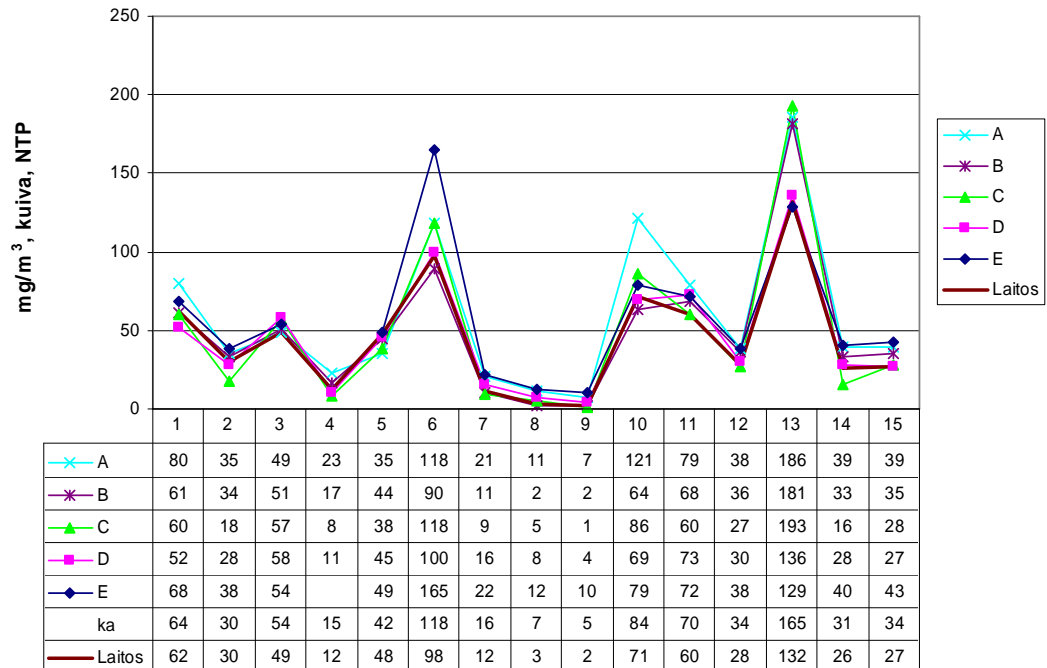


Kuva 4. Yksittäisten CO₂-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 25.-27.10.2005

4.1.3 CO-pitoisuus

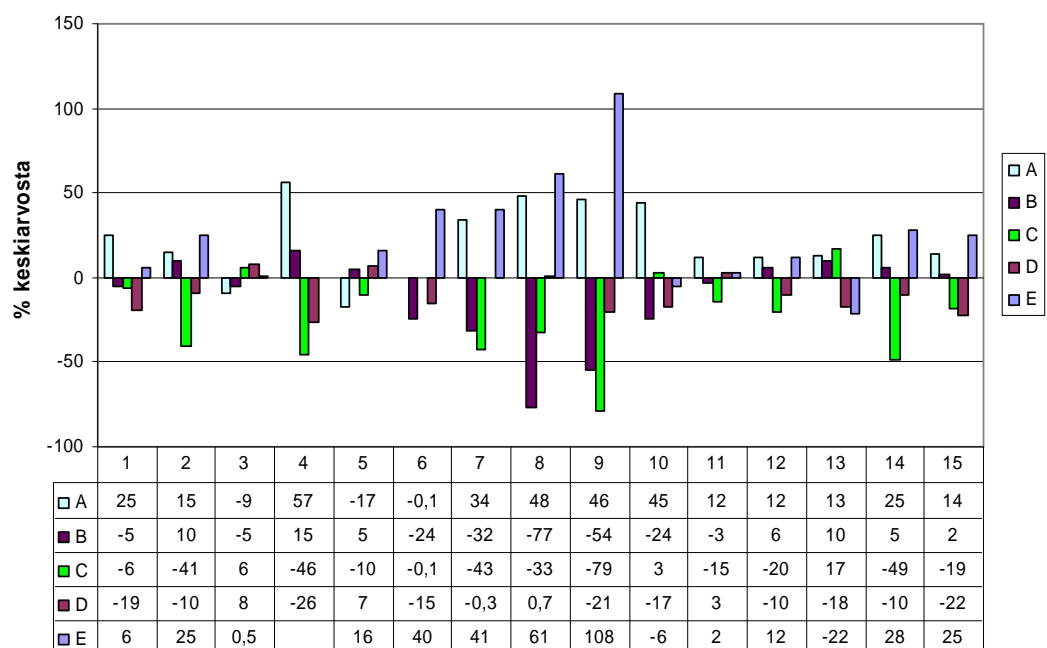
Hiilimonoksidimittausten tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 5 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 6.

CO-pitoisuus, 25.-27.10.2005 Kuusankoski



Kuva 5. Hiilimonoksidipitoisuudet 25.-27.10.2005, Kuusankoski.

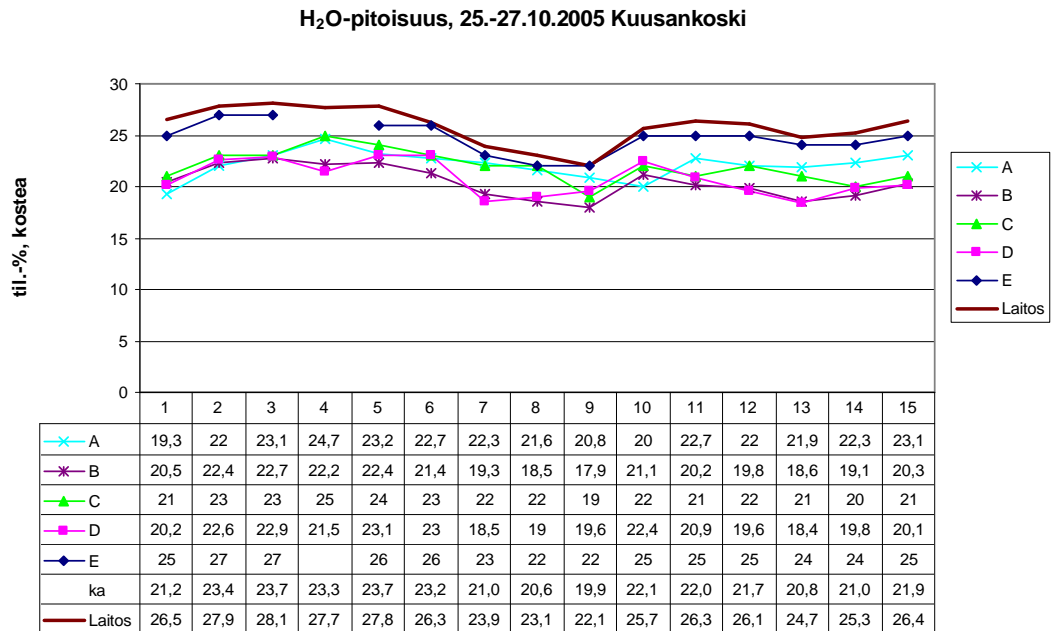
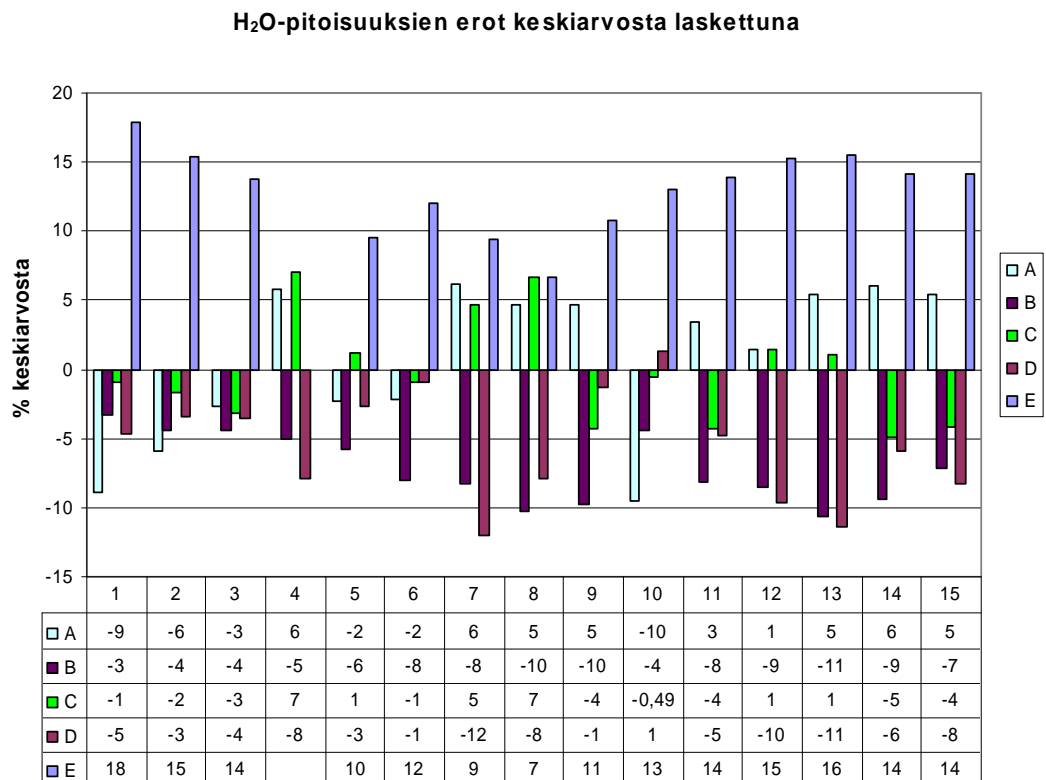
CO-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna



Kuva 6. Yksittäisten CO- mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 25.-27.10.2005.

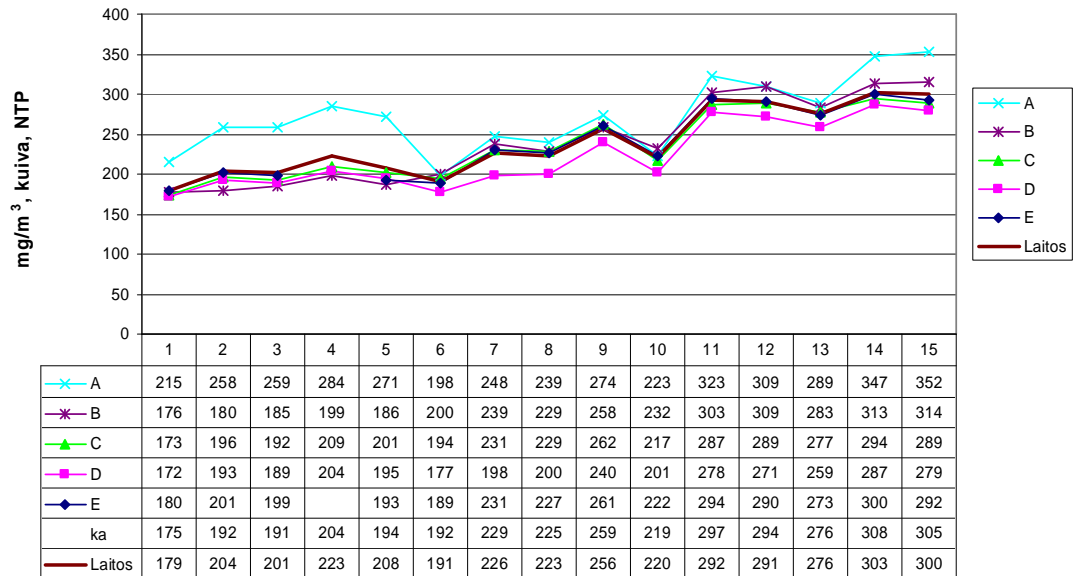
4.1.4 H₂O-pitoisuus

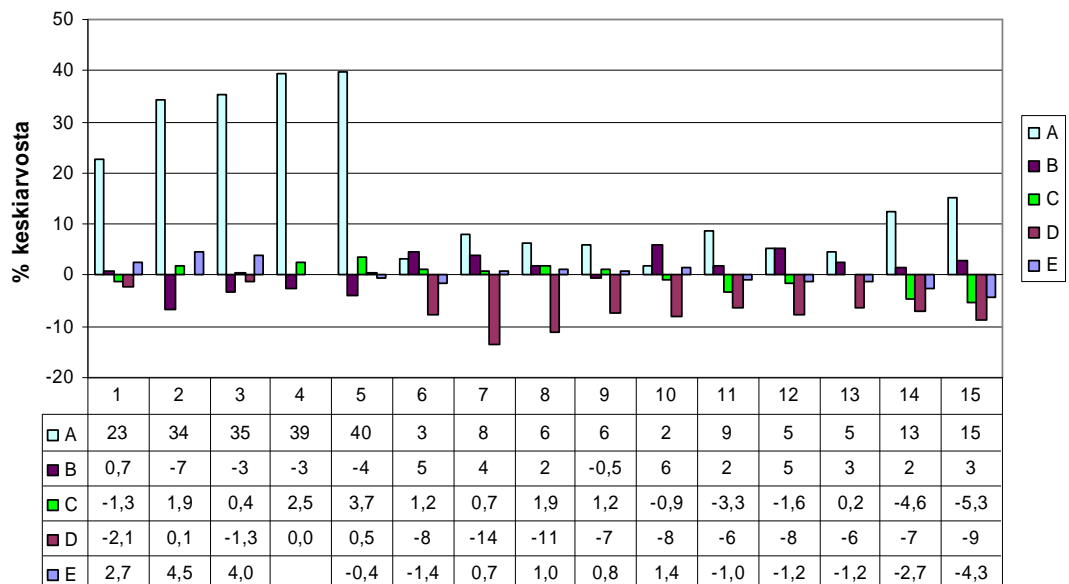
H₂O- mittausten tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 7 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 8.


 Kuva 7. H₂O- pitoisuudet 25.-27.10.2005, Kuusankoski

 Kuva 8. Yksittäisten H₂O- mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 25.-27.10.2005.

4.1.5 NO_x-pitoisuus

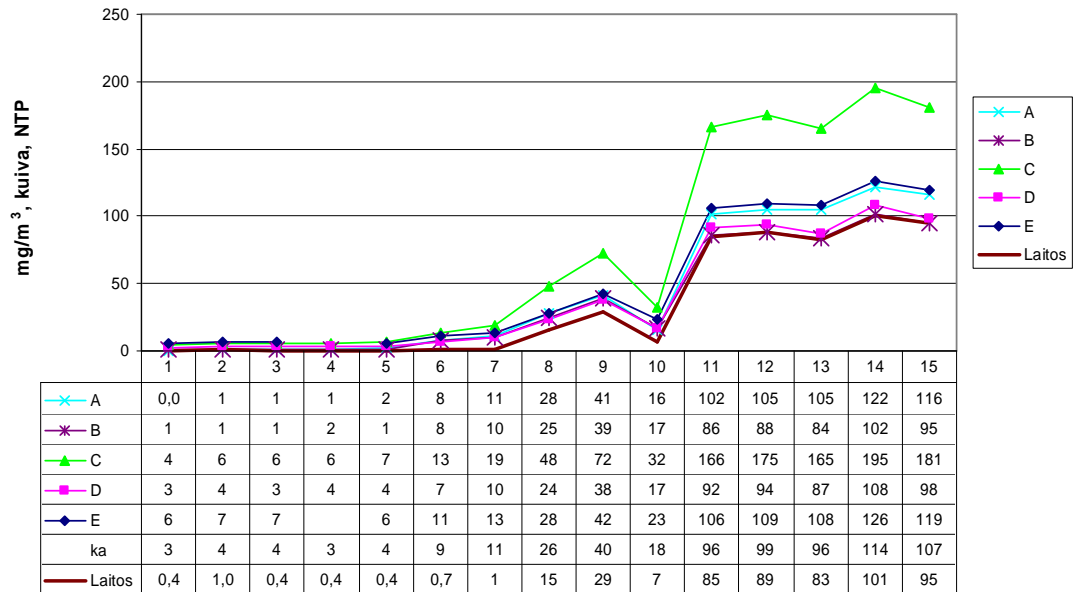
NO_x-mittauksien tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 9 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 10. Laboratorion A mittaustuloksia 1-5 ei ole laskettu keskiarvoihin mukaan.

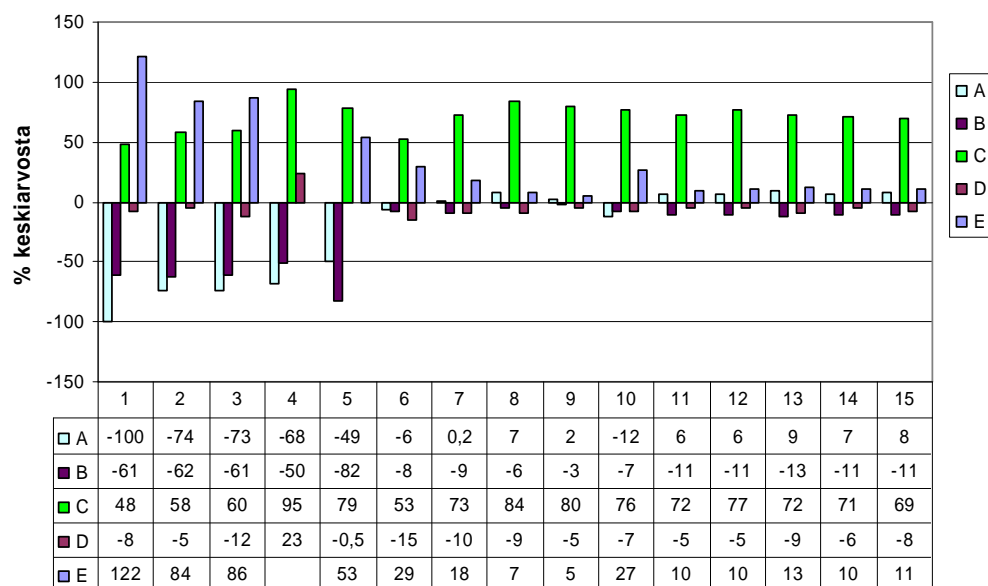
 NO_x-pitoisuus, 25.-27.10.2005 Kuusankoski

 Kuva 9. NO_x-pitoisuudet 25.-27.10.2005, Kuusankoski.

 NO_x-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna

 Kuva 10. Yksittäisten NO_x-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 25.-27.10.2005

4.1.6 SO₂-pitoisuus

SO₂-mittauksien tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 11 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 12. Laboratorion C mittaustuloksia nro 6-15 ei ole laskettu keskiarvoihin mukaan. Turpeen osuutta lisättiin 26.-27.10.2005 SO₂-pitoisuuden nostamiseksi.

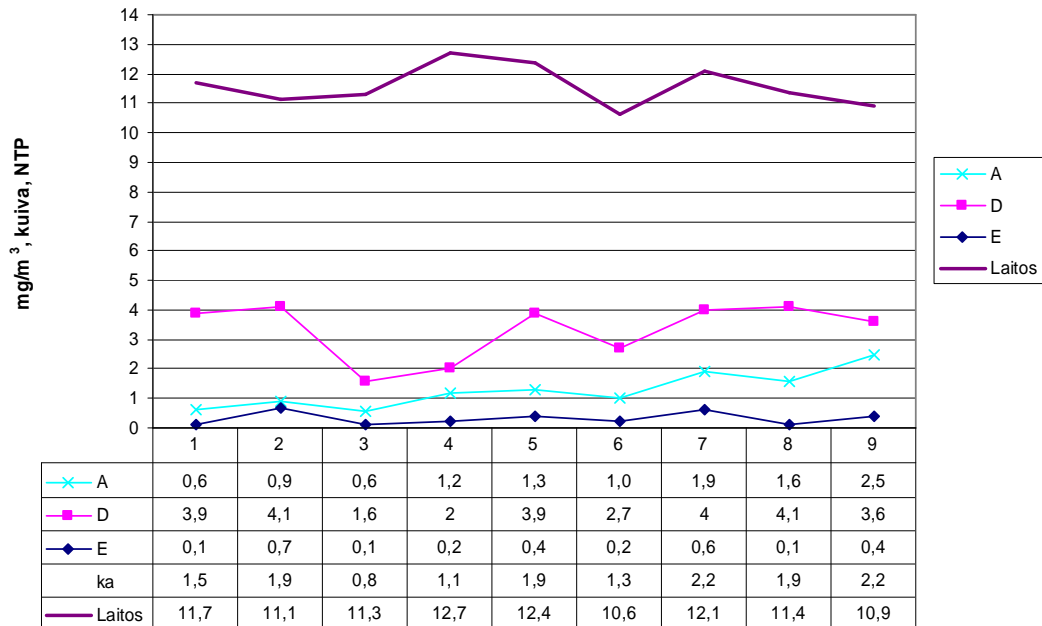
 SO₂-pitoisuus, 25.-27.10.2005 Kuusankoski

 Kuva 11. SO₂-pitoisuudet 25.-27.10.2005, Kuusankoski

 SO₂-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna

 Kuva 12. Yksittäisten SO₂-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 25.-27.10.2005

4.1.7 Hiukkaspitoisuus

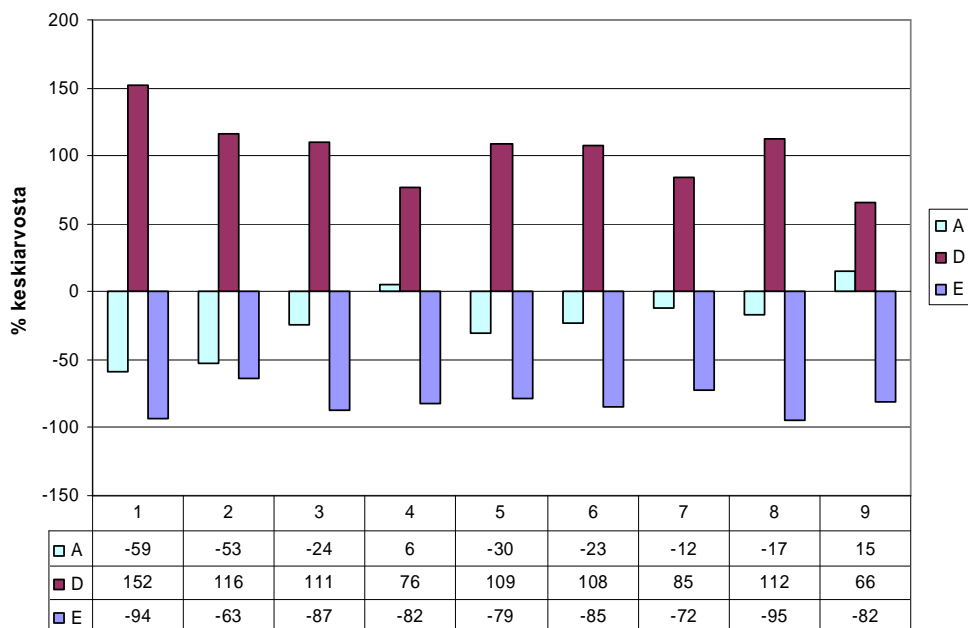
Hiukkasmittauksien tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 13 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 14. Laboratorio C mittasi hiukkaspitoisuuden standardin SFS 3866 mukaisesti. Näitä tuloksia ei tässä raportissa kuitenkaan käsitellä, sillä standardin SFS 3866 sovellusalue poikkeaa LCP-asetuksen vaatimuksista. Laboratorio B ei osallistunut vertailuun.

Hiukkaspitoisuus, 25.-27.10.2005 Kuusankoski



Kuva 13. Hiukkaspitoisuudet 25.-27.10.2005, Kuusankoski.

Hiukkaspitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna

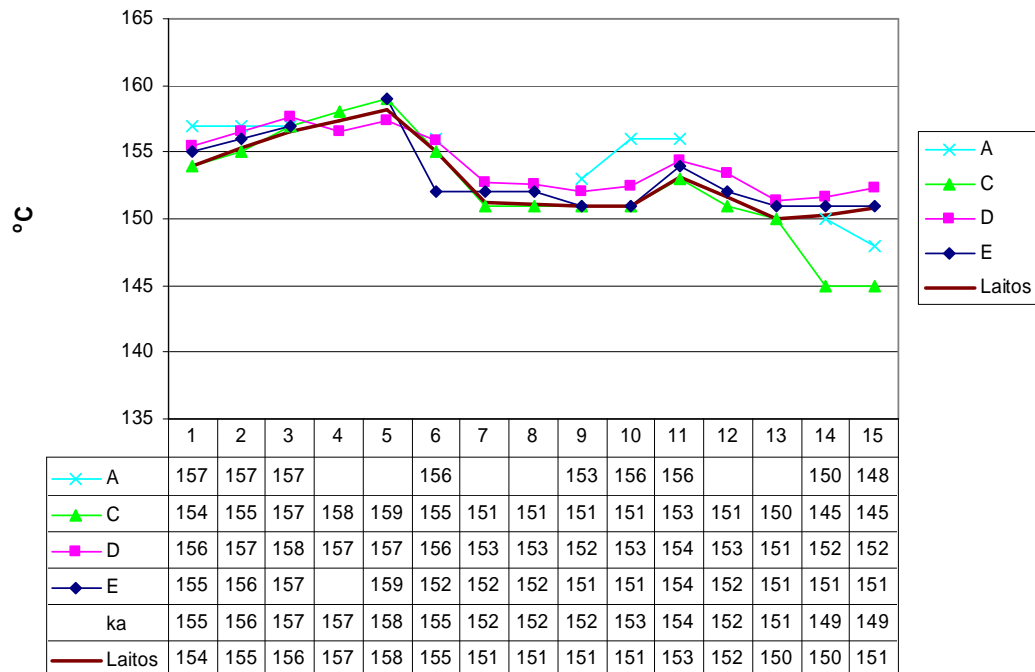


Kuva 14. Yksittäisten hiukkasmittauksien erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 25.-27.10.2005

4.1.8 Lämpötila

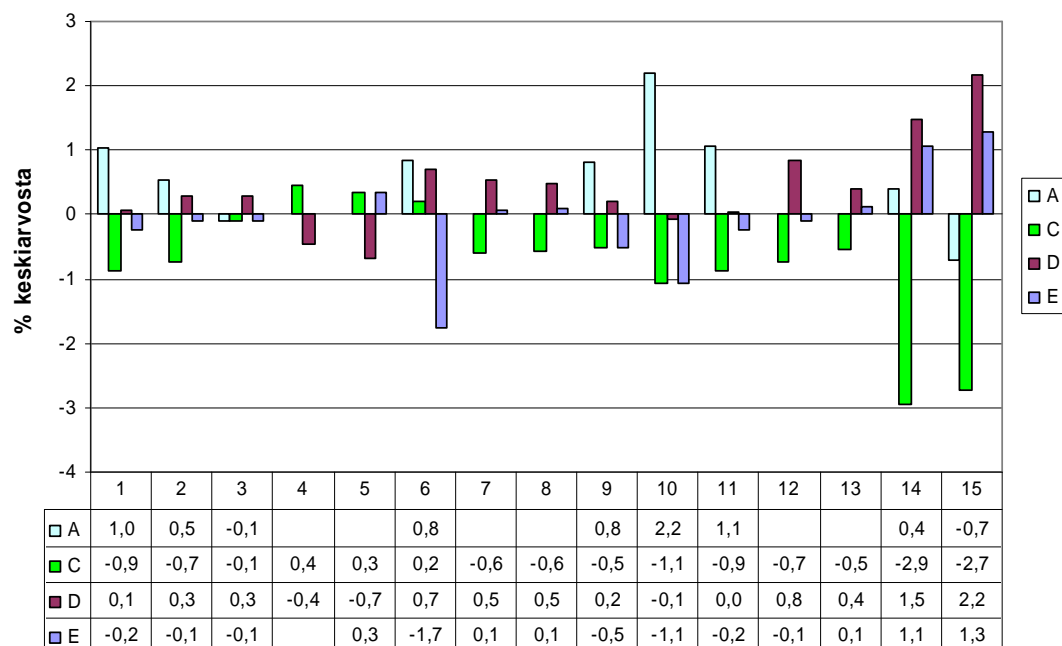
Lämpötilamittausten tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 15 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 16. Laboratorio B ei osallistunut vertailuun.

Lämpötila, 25.-27.10.2005 Kuusankoski



Kuva 15. Lämpötilat 25.-27.10.2005, Kuusankoski.

Lämpötilan erot keskiarvosta laskettuna

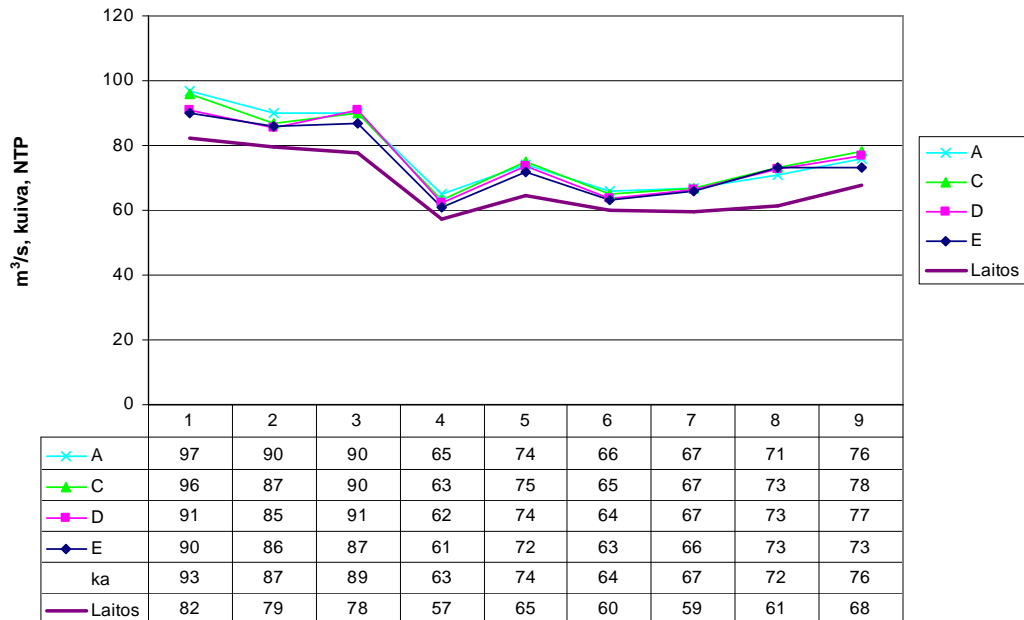


Kuva 16. Yksittäisten lämpötilamittausten erot (%) laskettuna mitattujen lämpötilojen keskiarvosta 25.-27.10.2005.

4.1.9 Tilavuusvirta

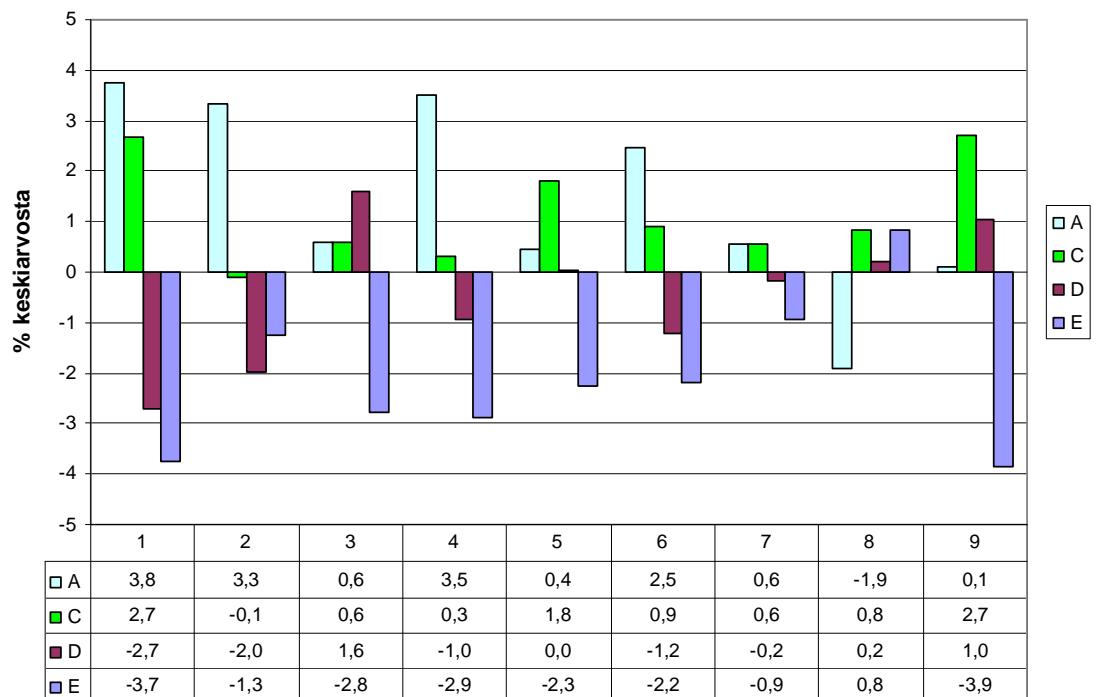
Tilavuusvirtamittausten tulokset ja keskiarvot 25.-27.10.2005 on esitetty kuvassa 17 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 18. Laboratorio B ei osallistunut vertailuun.

Tilavuusvirta, 25.-27.10.2005 Kuusankoski



Kuva 17. Tilavuusvirrat 25.-27.10.2005, Kuusankoski.

Tilavuusvirtojen erot keskiarvosta laskettuna



Kuva 18. Yksittäisten tilavuusvirtamittausten erot (%) laskettuna mitattujen tilavuusvirtauksien keskiarvosta 25.-27.10.2005

4.2 Laboratorioiden väliset vertailut: Mittaukset 1.-3.11.2005 (viikko 2)

Tulokset esitetään komponentti kerrallaan. Tuloksiin on listattu myös laitoksen mittaustulokset niille komponenteille, joille on kiinteät mittalaitteet. Tuloksista on laskettu keskiarvot, ja yksittäisille mittauksille niiden ero keskiarvosta. Keskiarvoihin ei ole laskettu laitoksen mittaustuloksia mukaan. Mittausajankohdat 1.-3.11.2005:

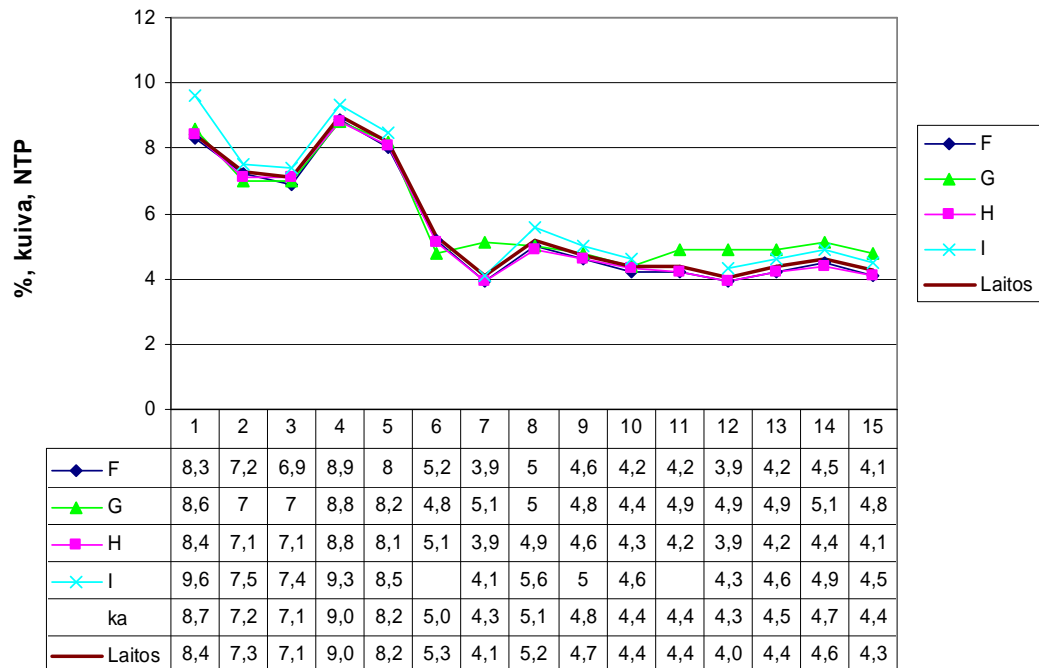
Hiukkaset			Virtaus		
	pvm	klo		pvm	klo
1.	1.11.2005	10:00-11:16	1.	1.11.2005	09:00-09:20
2.	1.11.2005	12:33-13:44	2.	1.11.2005	09:25-09:35
3.	1.11.2005	13:52-15:01	3.	1.11.2005	16:16-16:28
4.	2.11.2005	09:00-10:08	4.	2.11.2005	08:30-08:40
5.	2.11.2005	11:45-12:54	5.	2.11.2005	08:40-08:50
6.	2.11.2005	13:05-14:13	6.	2.11.2005	14:20-14:30
7.	3.11.2005	09:00-10:08	7.	3.11.2005	08:30-08:40
8.	3.11.2005	11:34-12:42	8.	3.11.2005	08:40-08:50
9.	3.11.2005	12:54-14:02	9.	3.11.2005	14:20-14:30

Kaasut			Polttoainetehon keskiarvo mittausten aikana:		
	pvm	klo	pvm.	polttoaineteho yht. MW	turpeen osuus MW
1.	1.11.2005	09:39-10:42	1.11.200	123,2	47,1
2.	1.11.2005	10:51-12:20	2.11.2005	186,4	102,4
3.	1.11.2005	12:29-13:29	3.11.2005	128,7	77,5
4.	1.11.2005	13:35-14:35	4.11.2005 ¹⁾	243,1	63,1
5.	1.11.2005	14:40-15:40			
6.	2.11.2005	08:00-09:00			
7.	2.11.2005	09:06-10:06			
8.	2.11.2005	10:30-11:30			
9.	2.11.2005	11:44-12:44			
10.	2.11.2005	12:50-13:50			
11.	3.11.2005	08:02-09:02			
12.	3.11.2005	09:08-10:10			
13.	3.11.2005	10:21-11:21			
14.	3.11.2005	11:30-12:30			
15.	3.11.2005	12:35-13:36			

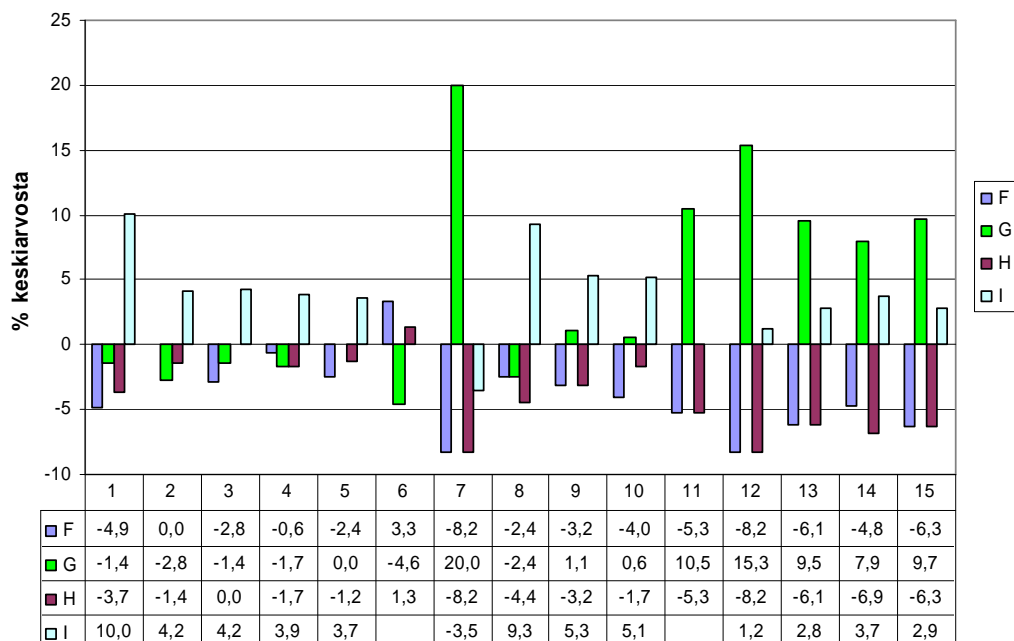
1) Laboratorio F teki yhden hiukkasmittauksen 4.11.2005.

4.2.1 O₂-pitoisuus

Happimittauksen tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 19 ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 20.

O₂-pitoisuus, 1.-3.11.2005 Kuusankoski


Kuva 19. Happipitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

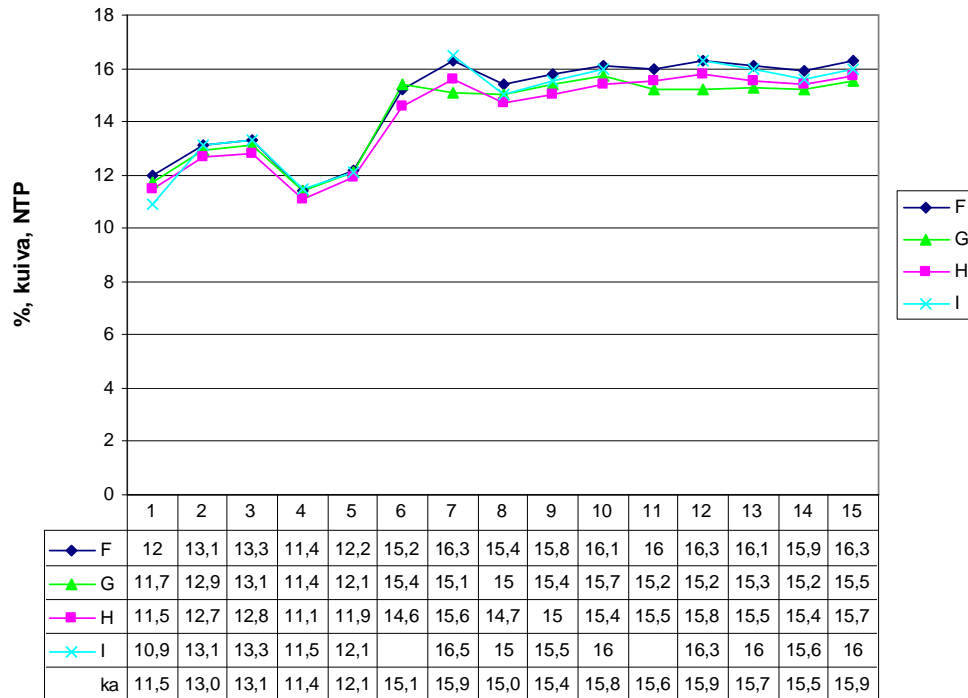
O₂-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna


Kuva 20. Yksittäisten O₂-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 1.-3.11.2005.

4.2.2 CO₂-pitoisuus

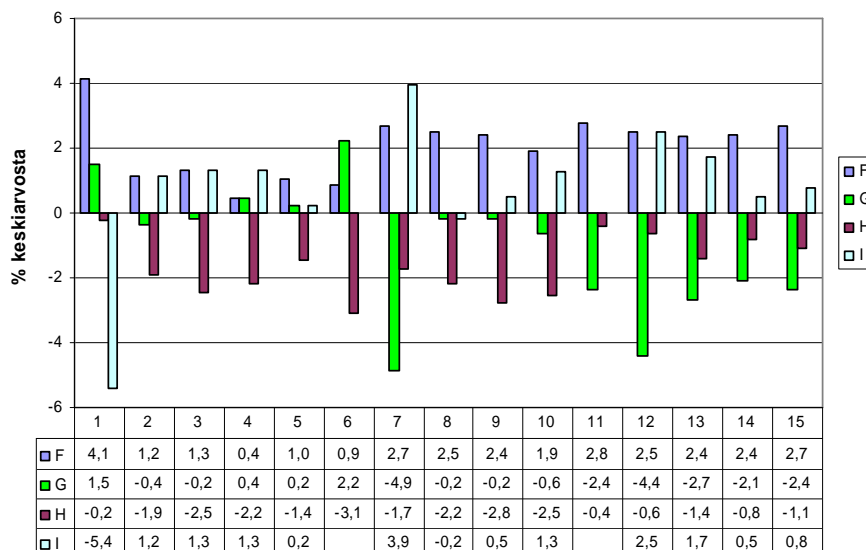
Hiilidioksidimittauksien tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 21, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 22.

CO₂-pitoisuus, 1.-3.11.2005 Kuusankoski



Kuva 21. Hiilidioksidipitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

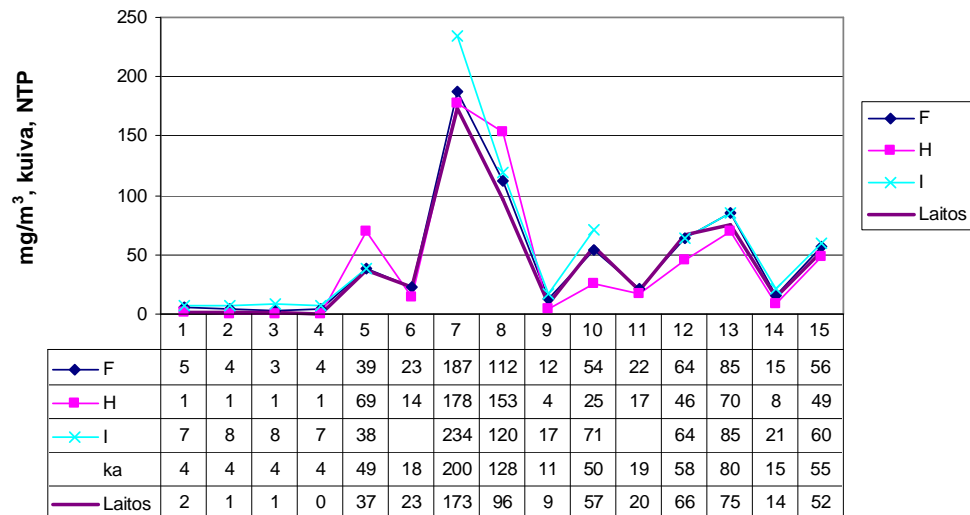
CO₂-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna



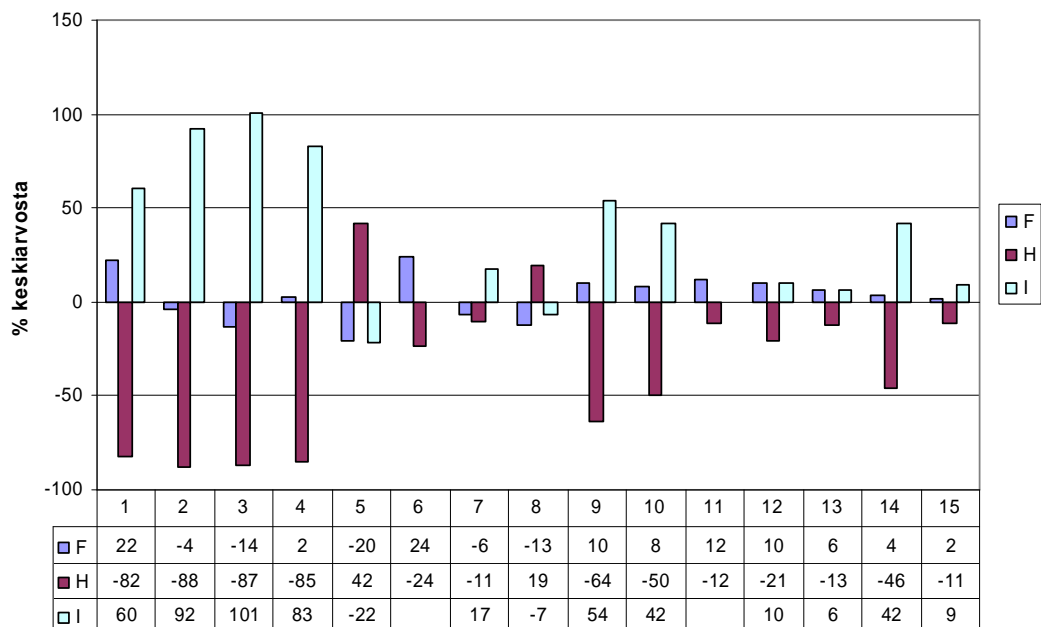
Kuva 22. Yksittäisten CO₂-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 1.-3.11.2005

4.2.3 CO-pitoisuus

Hiilimonoksidimittauksien tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 23, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 24. Laboratorio G ei osallistunut vertailuun.

CO-pitoisuus, 1.-3.11.2005 Kuusankoski


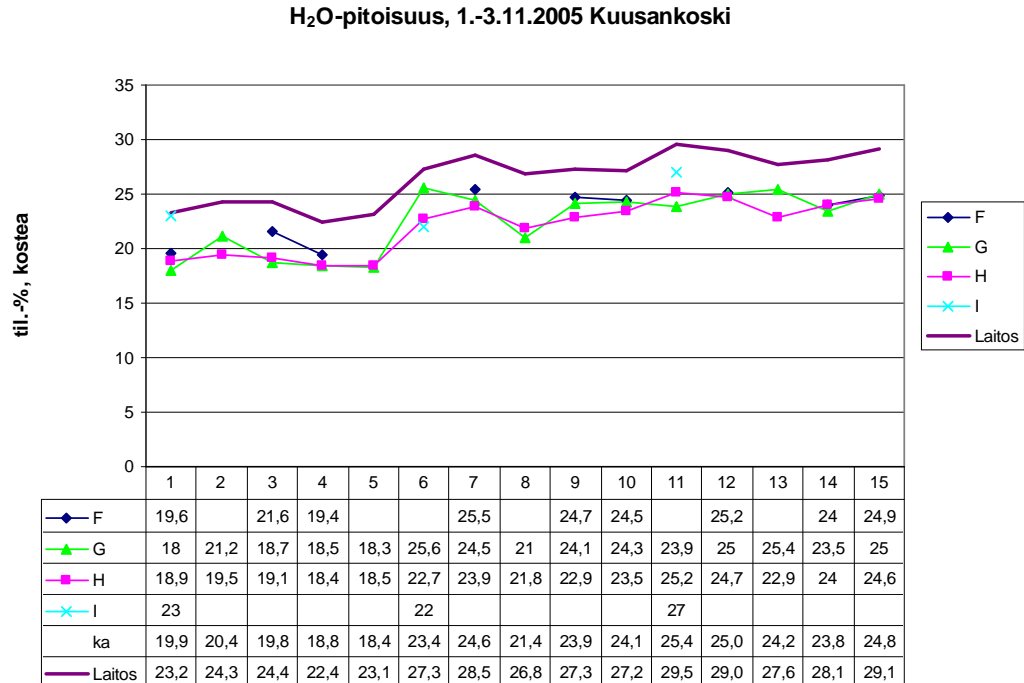
Kuva 23. Hiilimonoksidipitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski

CO-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna


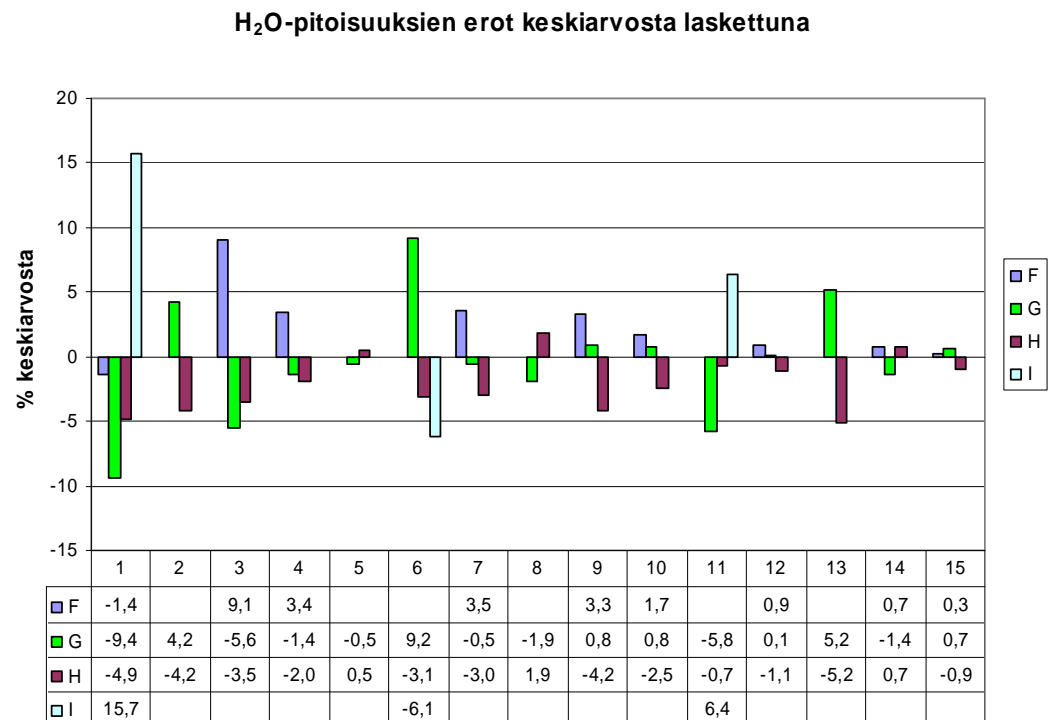
Kuva 24. Yksittäisten CO- mittauksien erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 1.-3.11.2005.

4.2.4 H₂O-pitoisuus

H₂O- pitoisuudet ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 25, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 26.



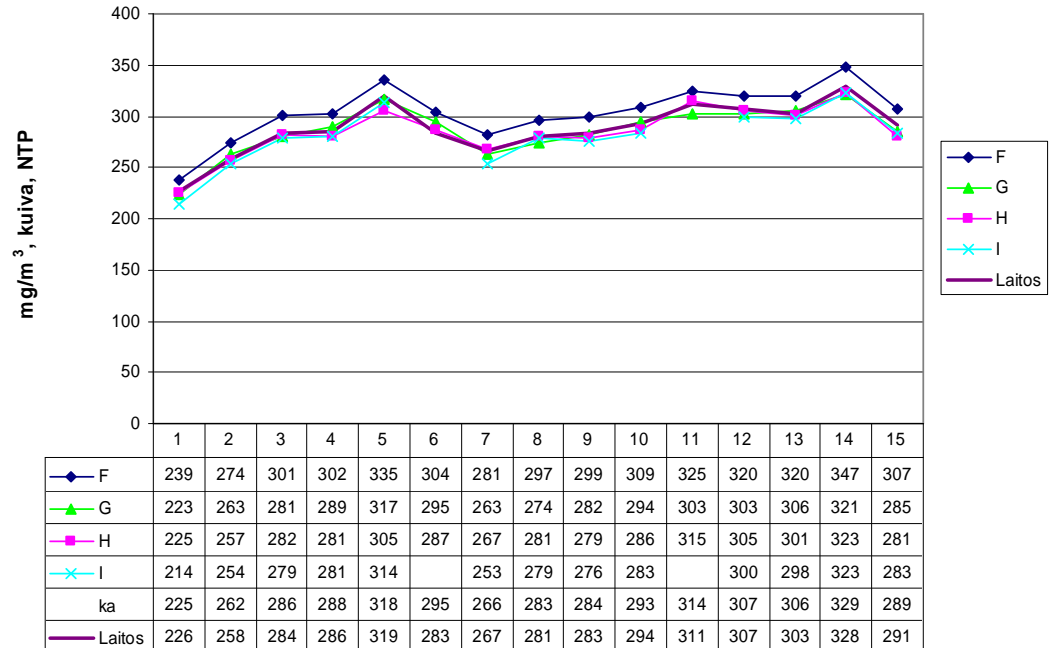
Kuva 25. H₂O- pitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

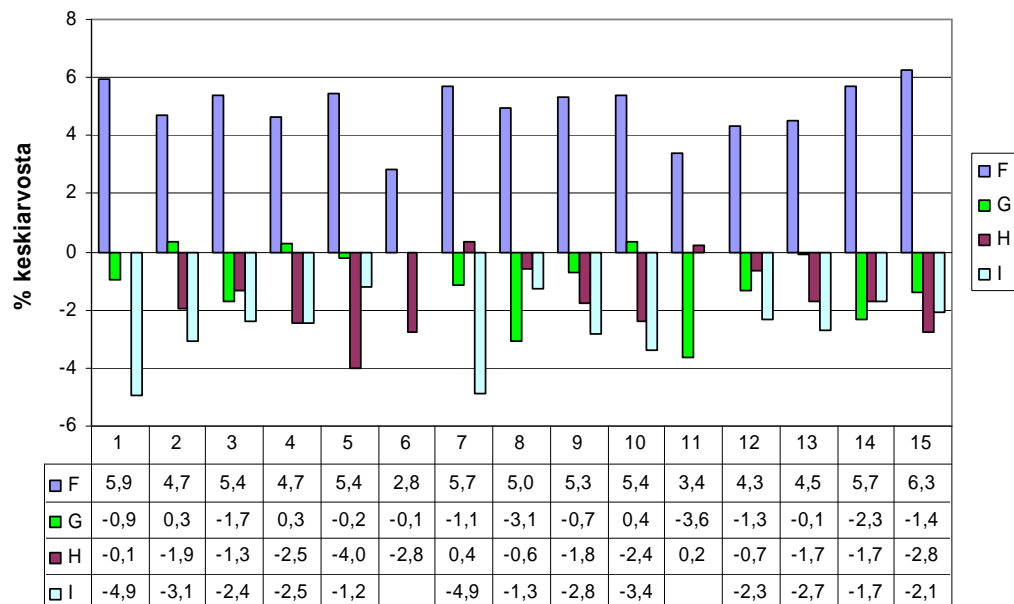


Kuva 26. Yksittäisten H₂O- mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 1.-3.11.2005.

4.2.5 NO_x-pitoisuus

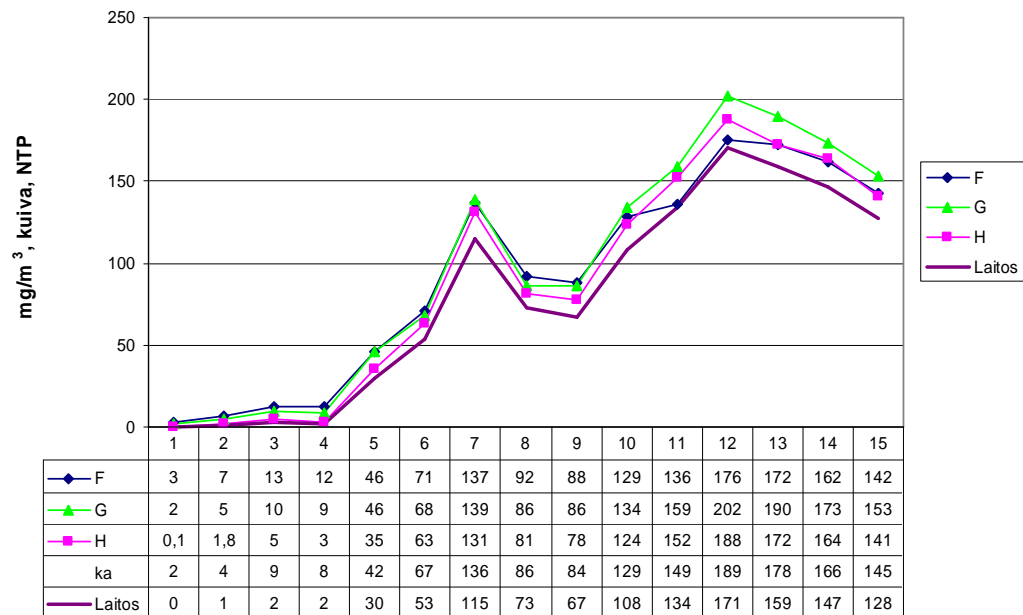
NO_x-mittauksien tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 27, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 28.

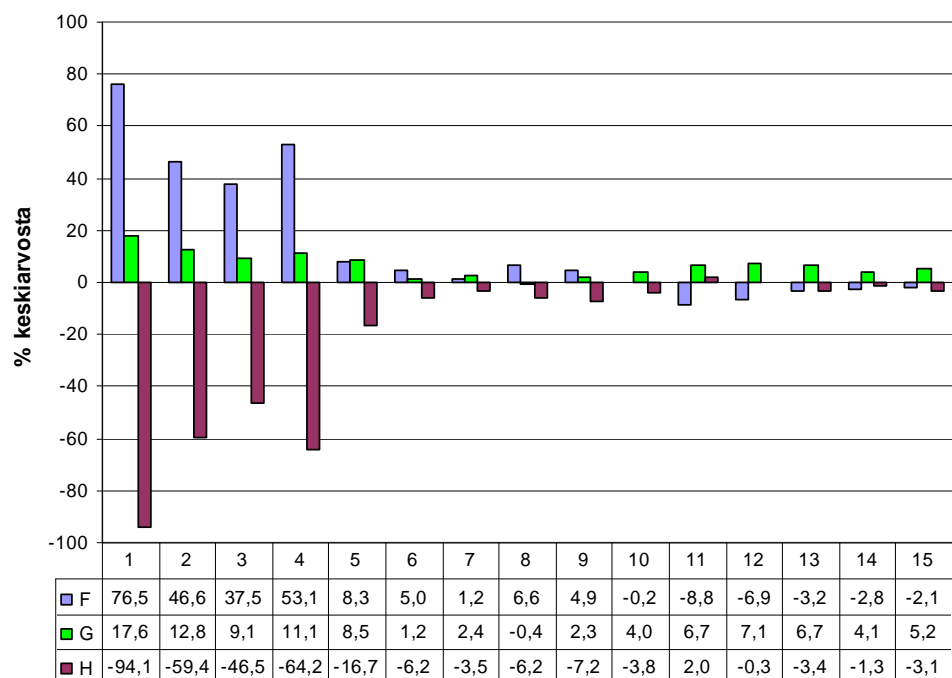
 NO_x-pitoisuus, 1.-3.11.2005 Kuusankoski

 Kuva 27. NO_x-pitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

 NO_x-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna

 Kuva 28. Yksittäisten NO_x-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 1.-3.11.2005.

4.2.6 SO₂-pitoisuus

SO₂-mittauksien tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 29, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 30. Laboratorio I ei osallistunut vertailuun. Turpeen osuutta lisättiin 2.-3.10.2005 SO₂-pitoisuuden nostamiseksi.

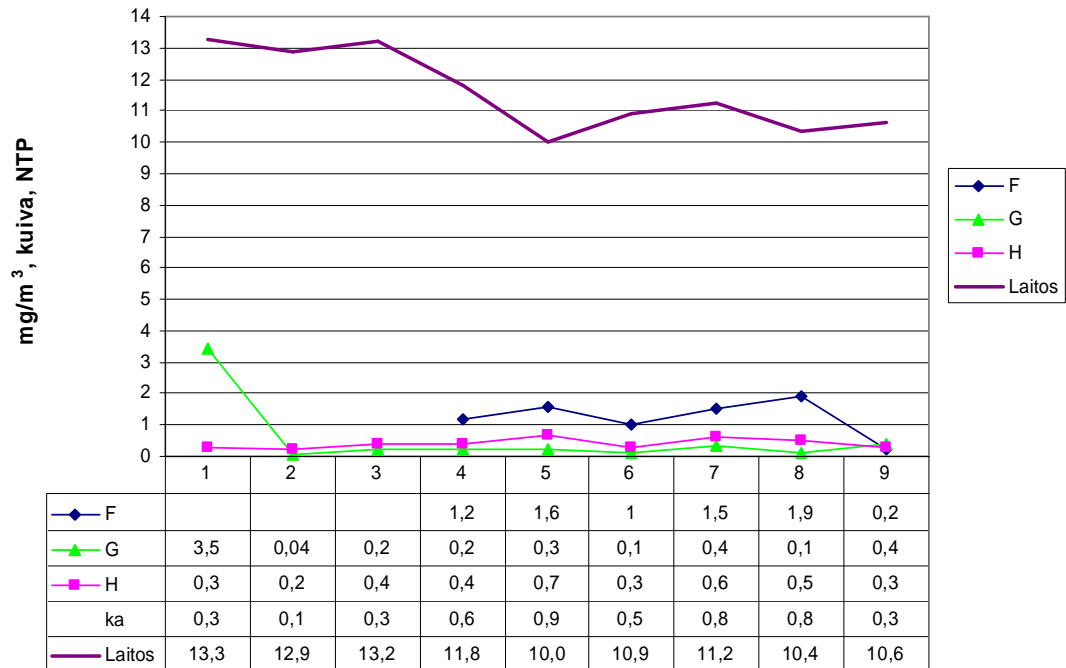
 SO₂-pitoisuus, 1.-3.11.2005 Kuusankoski

 Kuva 29. SO₂-pitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

 SO₂-pitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna

 Kuva 30. Yksittäisten SO₂-mittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 1.-3.11.2005.

4.2.7 Hiukkaspitoisuus

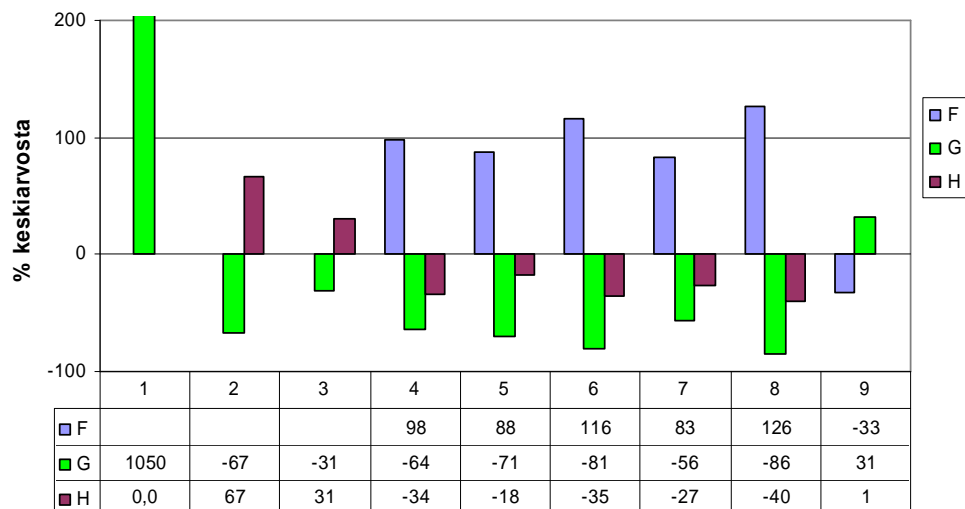
Hiukkasmittausten tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 31, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 32. Laboratorio G mittaustulosta 1 ei ole laskettu keskiarvoon mukaan. Laboratorio I ei osallistunut vertailuun. Laboratorio F menetti laiterikon vuoksi kolme mittausta 1.11.2005.

Hiukkaspitoisuus, 1.-3.11.2005 Kuusankoski



Kuva 31. Hiukkaspitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

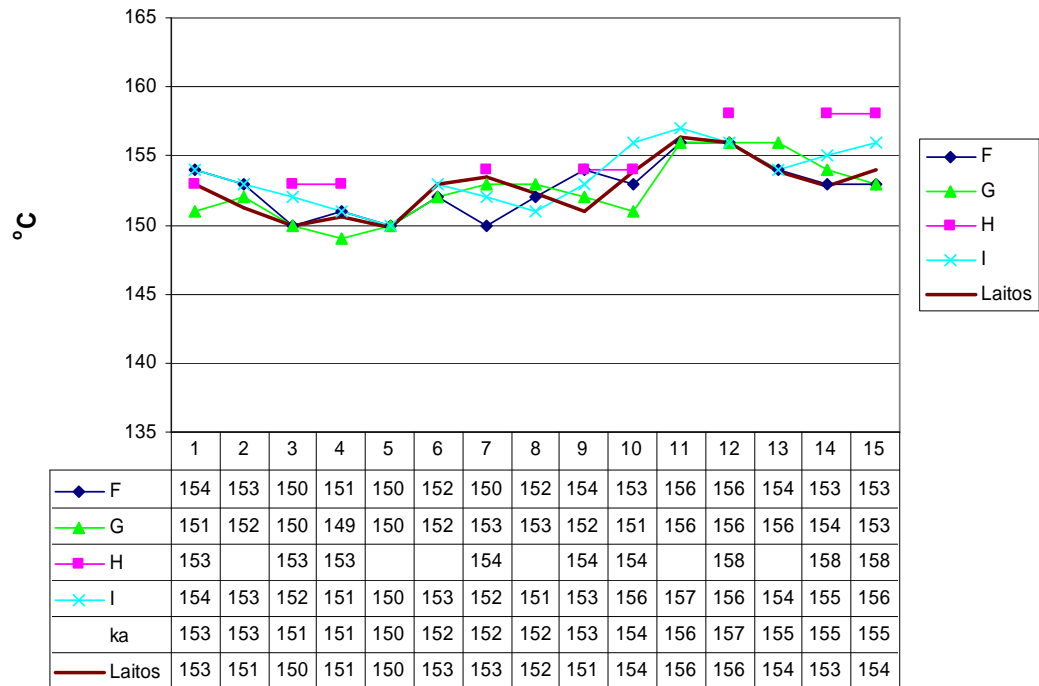
Hiukkaspitoisuuksien erot keskiarvosta laskettuna



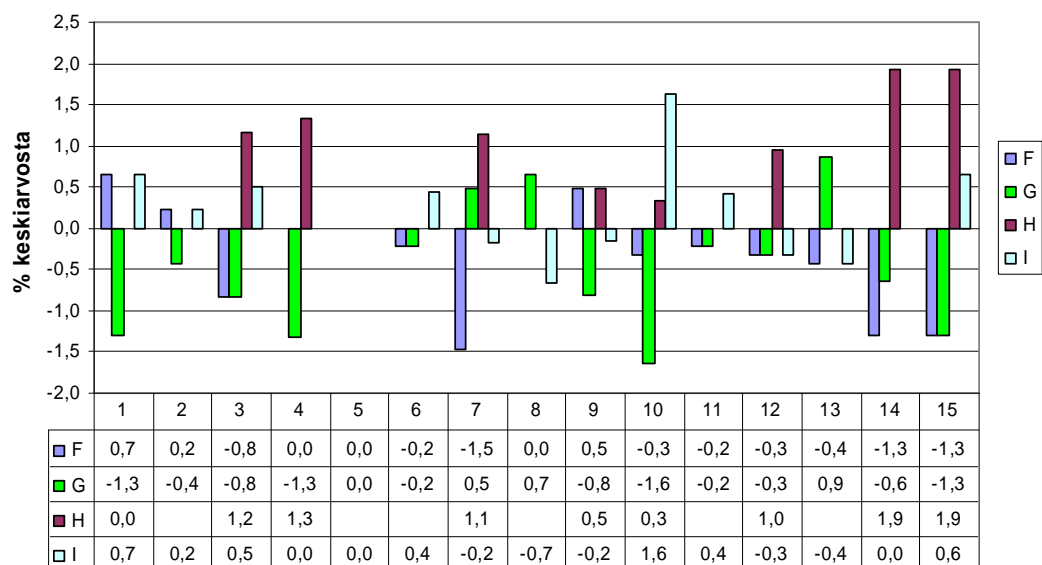
Kuva 32. Yksittäisten hiukkasmittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen pitoisuuksien keskiarvosta 1.-3.11.2005. Kuvan %-alueen maksimi on 200 %, joten laboratorio G mittausta 1 menee kuvan ulkopuolelle.

4.2.8 Lämpötila

Lämpötilamittausten tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 33, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 34.

Lämpötila, 1.-3.11.2005 Kuusankoski


Kuva 33. Lämpötilapitoisuudet 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

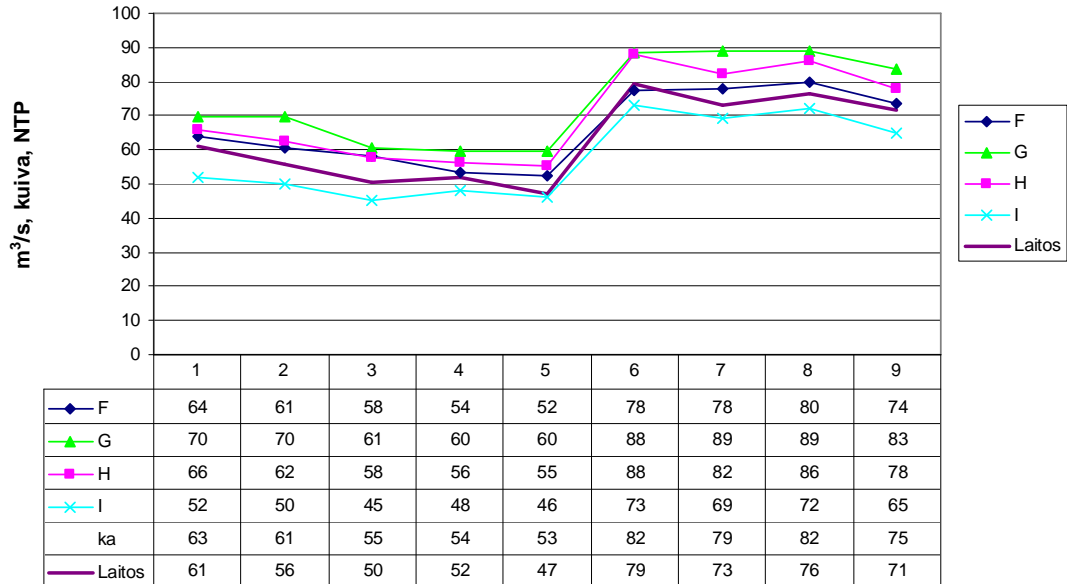
Lämpötilan erot keskiarvosta laskettuna


Kuva 34. Yksittäisten lämpötilamittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen lämpötilojen keskiarvosta 1.-3.11.2005.

4.2.9 Tilavuusvirtaus

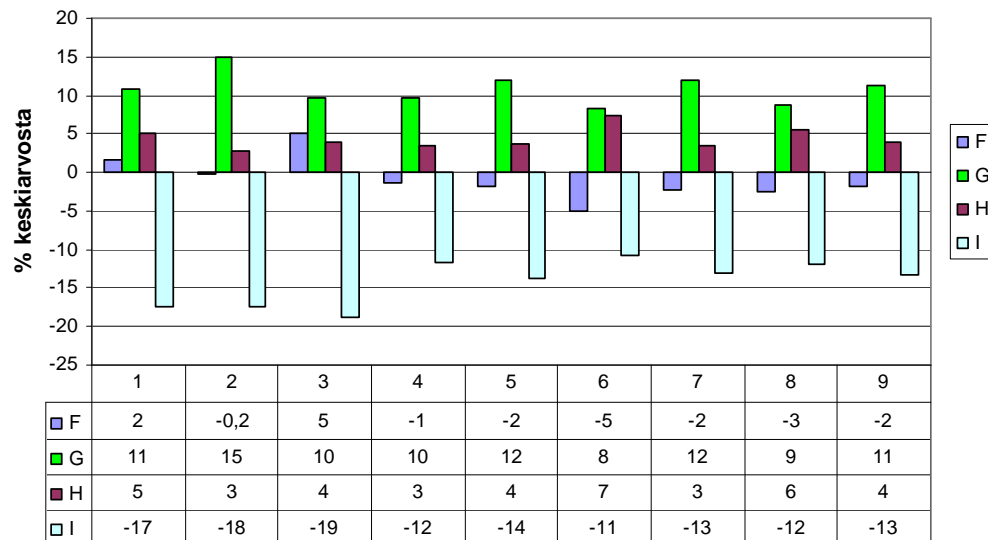
Tilavuusvirtamittausten tulokset ja keskiarvot 1.-3.11.2005 on esitetty kuvassa 35, ja erot (%) keskiarvosta kuvassa 36.

Tilavuusvirta, 1.-3.11.2005 Kuusankoski



Kuva 35. Tilavuusvirtaukset 1.-3.11.2005, Kuusankoski.

Tilavuusvirtojen erot keskiarvosta laskettuna



Kuva 36. Yksittäisten tilavuusvirtamittaustulosten erot (%) laskettuna mitattujen tilavuusvirtauksien keskiarvosta 1.-3.11.2005.

4.3 QAL 2-laskennan vertailut

4.3.1 Tausta

SFS-EN14181 mukaisessa laskennassa kiinteästi asennettu mittalaite (automated measuring system, AMS) kalibroidaan vertailumittausten avulla ja laskemalla kalibrointifunktio. Tämän jälkeen tutkitaan saman vertailumittausdatajoukon avulla täyttääkö mittalaite sille asetuksissa ilmoitetut kriteerit mittausepävarmuuden suhteen.

Valtioneuvoston asetuksessa suurille polttolaitoksille, N:o 1017/2002, on ilmoitettu seuraavat kriteerit mittausepävarmuudelle (95 % luottamusvälillä päästöjen raja-arvoista):

SO ₂	20 %
NO _x	20 %
Hiukkaset	30 %

Vertailumittausten avulla määritetään AMS:lle *kalibrointifunktio*:

$$y_i = a + bx_i \quad (1)$$

missä
 y_i = AMS:n kalibroitu pitoisuusarvo
 a = kalibrointifunktion y-akselin leikkauspiste
 b = kulmakerroin
 x_i = AMS:llä mitattu pitoisuus

Kalibrointifunktion avulla lasketaan uudet kalibroidut arvot AMS:lle. Nämä arvot muunnetaan vaadittuihin olosuhteisiin (esim. 0 °C, 1013 mbar, 6 % O₂) käyttäen AMS:n omaa mittausdataa (esim. lämpötila, kosteus ja happipitoisuus).

Näin saatuja muunnettuja SRM (standard reference method)- ja AMS-pitoisuusmittaparien keskihajontoja verrataan direktiivissä esitettyihin vaatimuksiin:

$$S_D < \sigma_0 k_v \quad (2)$$

missä
 S_D = mittaparien välinen keskihajonta
 σ_0 = direktiivin vaatimus mittauksen epävarmuudelle, keskihajontana ilmaistuna
 k_v = testikerroin

Direktiivissä ilmoitettu vaatimus mittausepävarmuudelle muutetaan keskihajonnaksi, σ_0 , seuraavan kaavan avulla:

$$\sigma_0 = p * ELV/1,96 \quad (3)$$

missä
 p = mittausten sallittu epävarmuus, %
 ELV = päivittäinen päästöraja-arvo (emission limit value)

Vaatimukset mittaasepävarmuudelle on annettu päästöraja-arvopitoisuudessa, minkä vuoksi laitoksen päästöraja-arvot on tiedettävä, jotta kaavan (2) mukainen tarkastelu voidaan tehdä.

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus on antanut Kuusankosken voimalaitokselle seuraavat päästöraja-arvot:

SO ₂	400 mg/m ³	NTP, kuiva, 6 % O ₂
NO _x (NO ₂ :na)	430 mg/m ³	NTP, kuiva, 6 % O ₂
Hiukkaset	50 mg/m ³	NTP, kuiva, 6 % O ₂

Seuraavissa kappaleissa esitetään yhteenveto laboratorioden laskemista kalibrintisuorista LCP-asetuksen mukaisille komponenteille NO_x, SO₂ sekä hiukkaset.

4.3.2 NO_x

Laboratorioiden ilmoittamat kalibrintisuorien pätevyysalueet on esitetty taulukossa 2. LCP-asetuksen päästöraja-arvot kiinteille polttoaineille on ilmoitettu 6 % O₂-pitoisuudessa, minkä vuoksi kalibrintisuorien pätevyysalueet ilmoitetaan myös tässä happipitoisuudessa. Jotkut laboratorioista ilmoittivat kuitenkin pätevyysalueet eri O₂-pitoisuudessa, minkä vuoksi taulukon 2 arvot eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Taulukko 2. Laboratorioiden ilmoittamat kalibrintisuorien pätevyysalueet.

Laboratorio	Pätevyysalue, mg/m ³ , kuiva NTP 6 % O ₂
A	0-351
B	0-330
C	0-322*
D	0-290
E	0-319
F	0-377**
G	0-409
H	0-404
I	0-374

* Happimuunnos on tehty 11 %:iin

** Pätevyysalue on laskettu hapella muuntamattomista pitoisuuksista

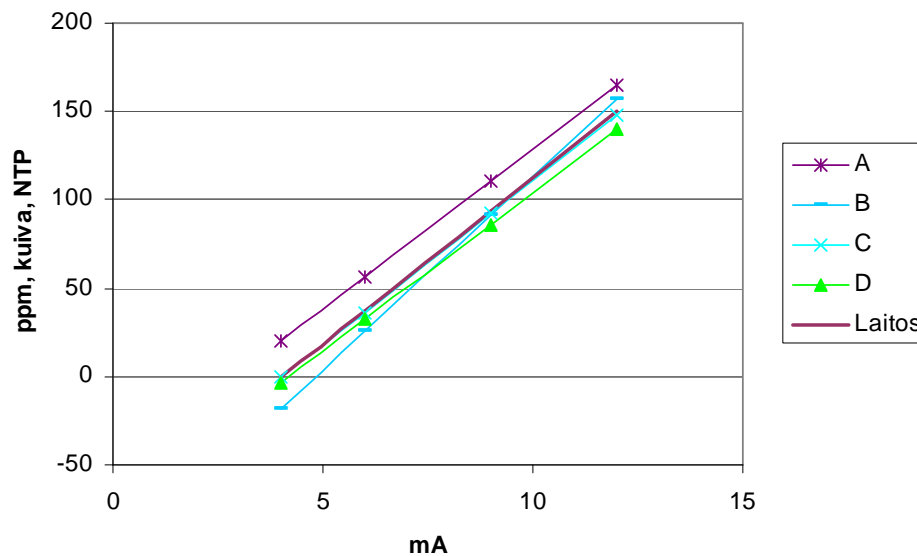
Laboratorioiden ilmoittamat kalibrintisuorat yksiköineen on esitetty taulukossa 3, johon on myös samat kalibrintisuorat muunnettu ppm-yksiköllisiksi (NO₂:na ilmoitettuna) käyttäen NTP-olosuhteen kerrointa 2,05 ja pyöristetty vertailun helpottamiseksi. Ppm-muunnosta ei ole tehty laboratorioden E ja H kalibrintisuorille, koska ne oli tehty väärin olosuhteisiin. Kalibrintisuorat ilmoitetaan niissä olosuhteissa, jossa kiinteä mittalaite mittaa. Kiinteästi asennettu laitoksen mittalaite mittaa NO_x-pitoisuuden kuivissa kaasuisissa, NTP-olosuhteissa. Jotkut laboratorioista määrittivät kalibrintisuoran eri olosuhteissa, minkä vuoksi taulukon 3 kalibrintisuorat eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

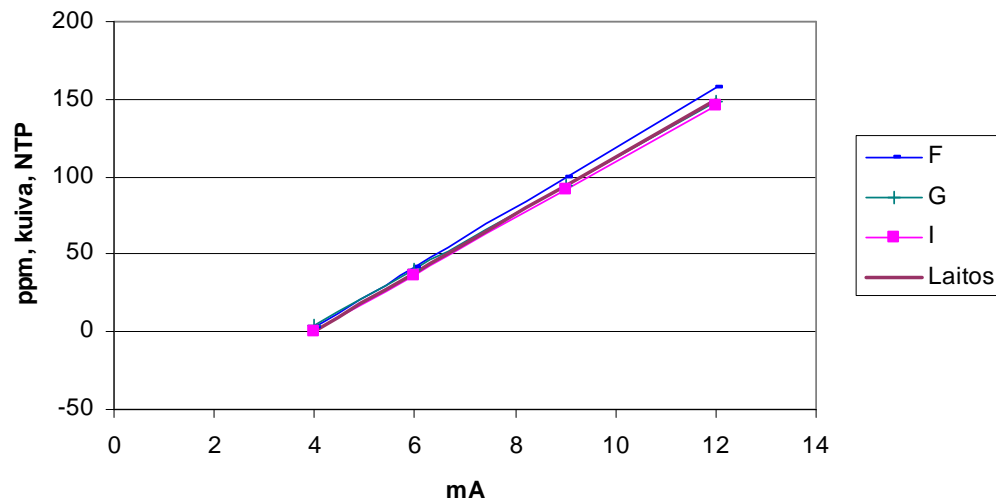
Taulukko 3. Laboratorioiden ilmoittamat NO_x-kalibrointisuorat ja muunnetut kalibrointisuorat NO₂:na ilmoitettuna.

Laboratorio	Ilmoitettu kalibrointisuora $y = a + bx_i$	Muunnettu kalibrointisuora $y = a \text{ (ppm)} + b \text{ (ppm/mA)} \cdot x_i$
A	$-106,2 \text{ mg/m}^3 + 37,0 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i$	$-51,7 + 18,0 \cdot x_i$
B	$-106,1 \text{ ppm} + 21,9 \text{ ppm/mA} \cdot x_i$	$-106,1 + 21,9 \cdot x_i$
C	$-153,7 \text{ mg/m}^3 + 38,1 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i$	$-74,8 + 18,5 \cdot x_i$
D	$-155,0 \text{ mg/m}^3 + 36,9 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i$	$-75,4 + 18,0 \cdot x_i$
E	$-100,0 \text{ mg/m}^3 + 24,8 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i^*$	
F	$-74,6 \text{ ppm} + 19,4 \text{ ppm/mA} \cdot x_i$	$-74,6 + 19,4 \cdot x_i$
G	$-67,9 \text{ ppm} + 18,0 \text{ ppm/mA} \cdot x_i$	$-67,9 + 18,0 \cdot x_i$
H	$-26,5 \text{ ppm} + 11,7 \text{ ppm/mA} \cdot x_i^*$	
I	$-150,7 \text{ mg/m}^3 + 37,6 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i$	$-73,3 + 18,3 \cdot x_i$

* Kalibrointisuora on tehty piipun olosuhteisiin

Kalibrointisuorat ensimmäiseltä viikolta on esitetty kuvassa 37, ja toiselta viikolta kuvassa 38. Kuviin on valittu mA-lukemat niin, että ilmoitetut kalibrointisuorien pätevyysalueet eivät ylittyisi. Kuvissa on myös näkyvissä laitoksen nykyinen pitoisuus/mA-vaste. Laboratorioiden E ja H kalibrointisuoria ei ole esitetty kuvissa, koska ne eivät ole vertailukelpoisia muiden ilmoitettujen kalibrointisuorien kanssa.

 NO_x kalibrointisuorat, 25.-27.10.2005 Kuusankoski

 Kuva 37. Laboratorioiden ilmoittamat NO_x-kalibrointisuorat 25.-27.10.2005 ja laitoksen nykyinen savukaasujen pitoisuus/mA-vaste.

NO_x kalibrointisuorat, 1.-3.11.2005 Kuusankoski

 Kuva 38. Laboratorioiden ilmoittamat NO_x-kalibrointisuorat 1.-3.11.2005 ja laitoksen nykyinen savukaasujen pitoisuus/mA-vaste.

Kaikki laboratoriot ilmoittivat laitoksen NO_x-analysointilaitteen täyttävän LCP-asetuksen vaatimukset mittauserävarmuudelle (< 20 %).

4.3.3 SO₂

Laboratorioiden ilmoittamat kalibrointisuorien pätevyysalueet on esitetty taulukossa 4. LCP-asetuksen päästöraja-arvot kiinteille polttoaineille on ilmoitettu 6 % O₂-pitoisuudessa, minkä vuoksi kalibrointisuorien pätevyysalueet ilmoitetaan myös tässä happipitoisuudessa. Jotkut laboratorioista ilmoittivat kuitenkin pätevyysalueet eri O₂-pitoisuudessa, minkä vuoksi taulukon 4 arvot eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Laboratorio I ei osallistunut SO₂-mittauksiin.

Taulukko 4. Laboratorioiden ilmoittamat kalibrointisuorien pätevyysalueet.

Laboratorio	Pätevyysalue mg/m ³ , kuiva NTP 6 % O ₂
A	0-129
B	0-104
C	0-212*
D	0-103
E	0-97
F	0-202**
G	0-202
H	0-197

* Happimuunnos on tehty 11 %:iin

** Pätevyysalue on laskettu hapella muuntamattomista pitoisuuksista

Laboratorioiden ilmoittamat kalibrointisuorat yksiköineen on esitetty taulukossa 5, johon on myös samat kalibrointisuorat muunnettu ppm-yksiköllisiksi käyttäen NTP-olosuhteen kerrointa 2,86 ja pyöristetty vertailun helpottamiseksi. ppm-muunnosta ei ole tehty laboratorioiden E ja H kalibrointisuorille, koska ne oli tehty väärin olosuhteisiin. Kalibrointisuorat ilmoitetaan niissä olosuhteissa, jossa kiinteä mittalaite mittaa. Kiinteästi asennettu laitoksen mittalaite mittaa SO₂-pitoisuuden kuivissa kaasuissa, NTP-olosuhteissa. Jotkut laboratorioista määrittivät kalibrointisuoran eri olosuhteissa, minkä vuoksi taulukon 5 kalibrointisuorat eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

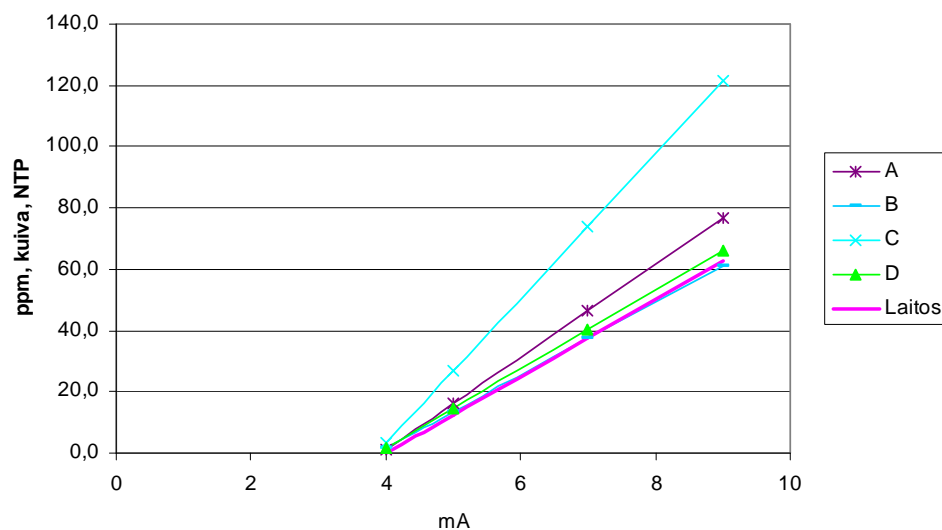
Taulukko 5. Laboratorioiden ilmoittamat SO₂-kalibrointisuorat ja muunnetut kalibrointisuorat.

Laboratorio	Ilmoitettu kalibrointisuora $y = a + bx_i$	Muunnettu kalibrointisuora $y = a \text{ (ppm)} + b \text{ (ppm/mA)} \cdot x_i$
A	$-168,2 \text{ mg/m}^3 + 43,0 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i$	$-58,8 + 15,0 \cdot x_i$
B	$-45,8 \text{ ppm} + 11,9 \text{ ppm/mA} \cdot x_i$	$-45,8 + 11,9 \cdot x_i$
C	$-259,7 \text{ mg/m}^3 + 67,4 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i$	$-90,8 + 23,6 \cdot x_i$
D	$-141,2 \text{ mg/m}^3 + 36,6 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i$	$-49,4 + 12,8 \cdot x_i$
E	$-80,9 \text{ mg/m}^3 + 21,1 \text{ (mg/m}^3\text{)/mA} \cdot x_i^*$	
F	$-47,9 \text{ ppm} + 12,9 \text{ ppm/mA} \cdot x_i$	$-47,9 + 12,9 \cdot x_i$
G	$-56,4 \text{ ppm} + 14,6 \text{ ppm/mA} \cdot x_i$	$-56,4 + 14,6 \cdot x_i$
H	$-40,3 \text{ ppm} + 10,3 \text{ ppm/mA} \cdot x_i^*$	

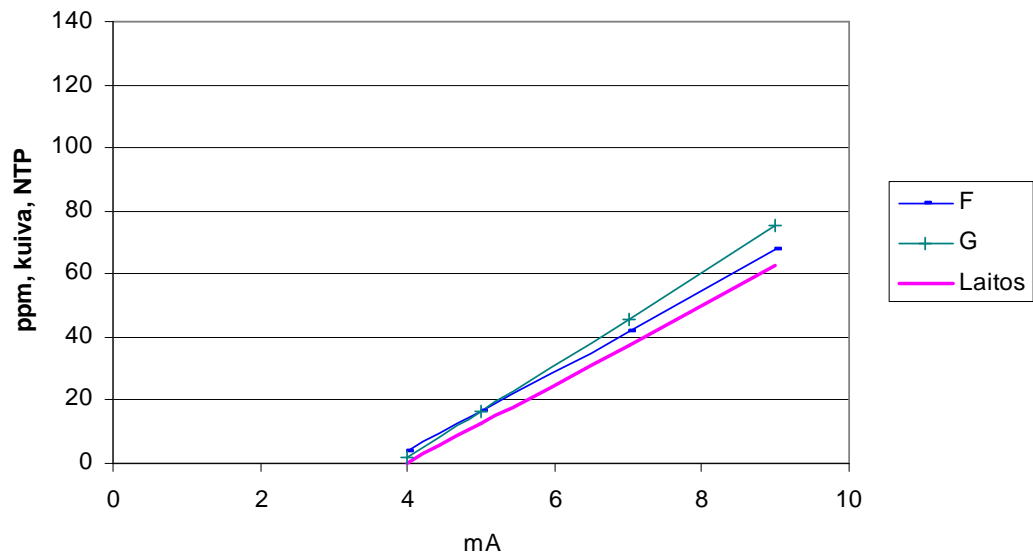
* Kalibrointisuora on tehty piipun olosuhteisiin

Kalibrointisuorat ensimmäiseltä viikolta on esitetty kuvassa 39, ja toiselta viikolta kuvassa 40. Kuviin on valittu mA-lukemat niin, että ilmoitetut kalibrointisuorien pätevyysalueet eivät ylittyisi. Kuvissa on myös näkyvissä laitoksen nykyinen pitoisuus/mA-vaste. Laboratorioiden E ja H kalibrointisuoria ei ole esitetty kuvissa, koska ne eivät ole vertailukelpoisia muiden ilmoitettujen kalibrointisuorien kanssa.

SO₂ kalibrointisuorat, 25.-27.10.2005 Kuusankoski



Kuva 39. Laboratorioiden ilmoittamat SO₂-kalibrointisuorat 25.-27.10.2005 ja laitoksen nykyinen savukaasujen pitoisuus/mA-vaste.

SO₂ kalibrintisuorat, 1.-3.11.2005 Kuusankoski


Kuva 40. Laboratorioiden ilmoittamat SO₂-kalibrintisuorat 1.-3.11.2005 ja laitoksen nykyinen savukaasujen pitoisuus/mA-vaste

Kaikki laboratoriot ilmoittivat laitoksen SO₂-analysointilaitteen täyttävän LCP-asetuksen vaatimukset mittausepävarmuudelle (< 20 %).

4.3.4 Hiukkaset

Laboratorioiden ilmoittamat kalibrintisuorien pätevyysalueet ja kalibrintisuorat on esitetty taulukossa 6.

LCP-asetuksen päästöraja-arvot kiinteille polttoaineille on ilmoitettu 6 % O₂-pitoisuudessa, minkä vuoksi kalibrintisuorien pätevyysalueet ilmoitetaan myös tässä happipitoisuudessa. Jotkut laboratorioista ilmoittivat kuitenkin pätevyysalueet eri O₂-pitoisuudessa, minkä vuoksi taulukon 6 pätevyysalueet eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Kalibrintisuorat ilmoitetaan niissä olosuhteissa, jossa kiinteä mittalaite mittaa. Laitoksen kiinteästi asennettu hiukkasmittalaite mittasi hiukkaspitoisuuden piipun olosuhteissa. Jotkut laboratorioista määrittivät kalibrintisuoran eri olosuhteissa, minkä vuoksi taulukon 6 arvot ja kuvien 41 ja 42 kalibrintisuorat eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Laboratorion C tuloksia ei esitetä, koska mittaukset tehtiin standardin SFS 3866 mukaisesti. Laboratoriot B ja I eivät osallistuneet hiukkasmittauksiin.

Taulukko 6. Laboratorioiden ilmoittamat kalibrointisuorien pätevyysalueet ja kalibrointisuorat.

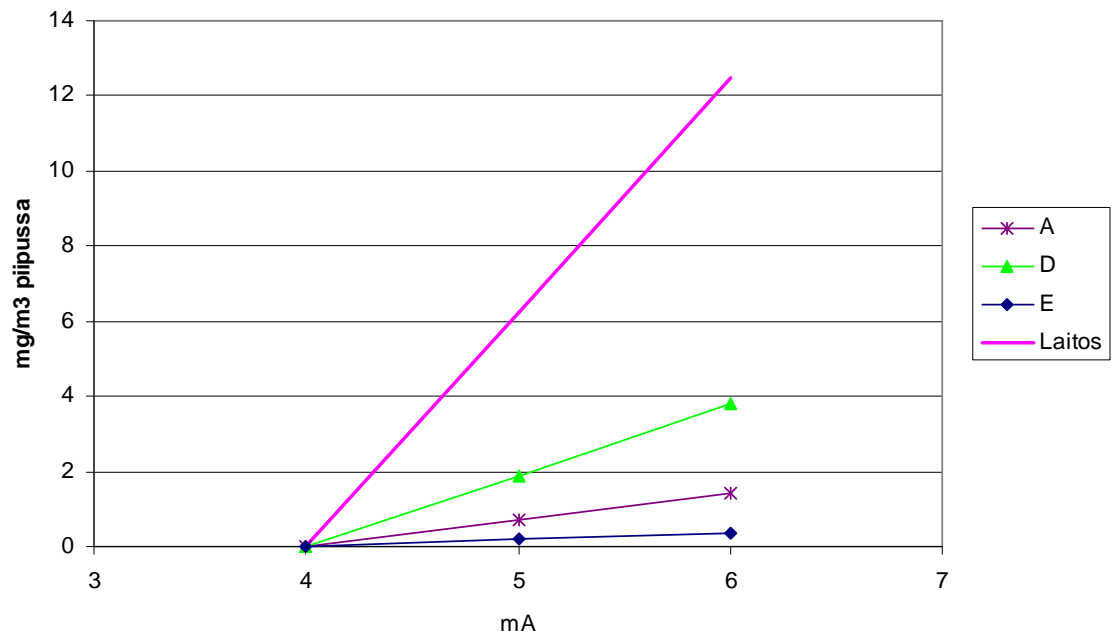
Laboratorio	Pätevyysalue mg/m ³ , kuiva NTP 6 % O ₂	Ilmoitettu kalibrointisuora $y = a \text{ (mg/m}^3\text{)} + b \text{ ((mg/m}^3\text{)/mA)} \cdot x_i$
A	0-1,5	$-2,89 + 0,72 \cdot x_i$
D	0-3,9	$-7,55 + 1,89 \cdot x_i$
E	0-0,4	$-0,76 + 0,19 \cdot x_i$
F	0-0,7*	$0 + 0,118 \cdot x_i^{**}$
G	0-0,9	$-1,3 + 0,33 \cdot x_i$
H	0-0,7	$-0,90 + 0,22 \cdot x_i$

* Pätevyysalue on määritetty kosteista pitoisuuksista

** Kalibrointisuoran vakio-osa (a) on jätetty pois, eli tulkitaan nolllaksi

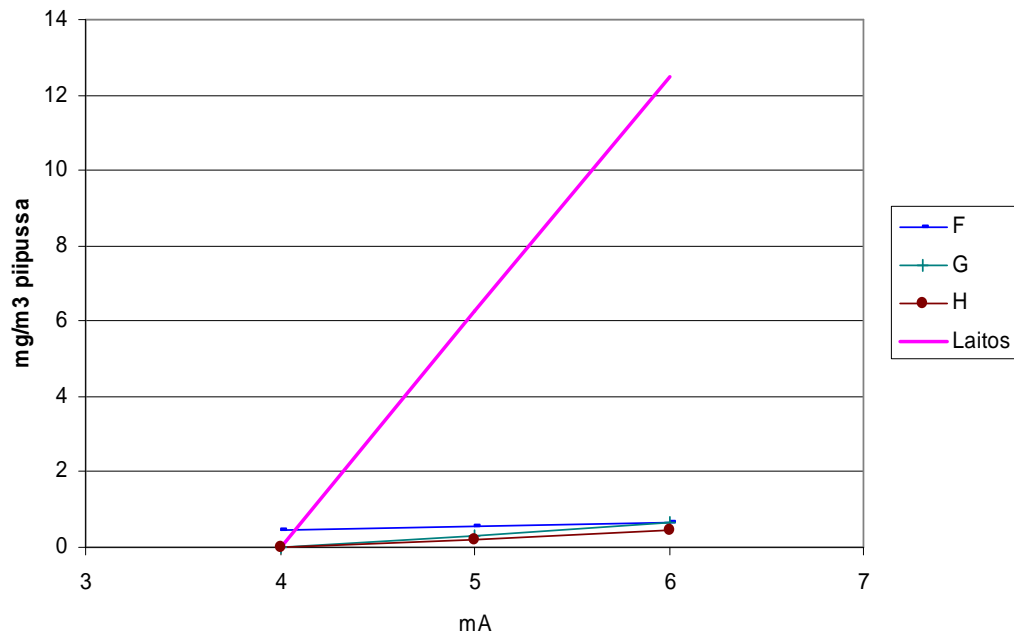
Kalibrointisuorat ensimmäiseltä viikolta on esitetty kuvassa 41, ja toiselta viikolta kuvassa 42. Kuviin on valittu mA-lukemat niin, että ilmoitetut kalibrointisuorien pätevyysalueet eivät ylittyisi. Kuvissa on myös näkyvissä laitoksen nykyinen pitoisuus/mA-vaste.

Hiukkasten kalibrointisuorat, 25.-27.10.2005 Kuusankoski



Kuva 41. Laboratorioiden ilmoittamat hiukkasmittalaitteen kalibrointisuorat 25.-27.10.2005 ja laitoksen nykyinen savukaasujen pitoisuus/mA-vaste.

Hiukkasten kalibrintisuorat, 1.-3.11.2005 Kuusankoski



Kuva 42. Laboratorioiden ilmoittamat hiukasmittalaitteen kalibrintisuorat 1.-3.11.2005 ja laitoksen nykyinen savukaasujen pitoisuus/mA-vaste

Kaikki laboratoriot ilmoittivat laitoksen hiukasmittalaitteen täyttävän LCP-asetuksen vaatimukset mittausepävarmuudelle (< 30 %).

5 Tulosten tarkastelu

Riippumattomien päästömittausryhmien tekemien referenssimittausten perusteella kalibroidaan laitokseen kiinteästi asennettujen savukaasujen jatkuvatoimiset NO_x , SO_2 - ja hiukasmittaukset, ja todetaan, täyttävätkö ne LCP-asetuksessa mittausepävarmuudelle esitetyt vaatimukset.

Näiden pitoisuusmittausten lisäksi mitataan savukaasujen muut apusuureet (H_2O , O_2 , lämpötila ja paine), joita tarvitaan AMS validoinnissa, riippuen siitä, mikä on AMS:n mittaustekniikka. Yleensä apusuureiden mittauksia tarvitaan in-situ-periaatteella toimivien hiukasmittalaitteiden validoinnissa, kuten näissä vertailumittauksissa. Kaikilla mainituilla mittasuureilla on vaikutusta validoinnin lopputulokseen.

Tulosten tarkastelu on jaettu laboratorioiden välisten vertailujen tarkasteluun ja standardin SFS-EN 14181 sisältämään QAL 2-laskentojen tarkasteluun.

5.1 Laboratorioiden välisten vertailujen tarkastelu

NO_x

Typenoksidipitoisuuksien poikkeamat pitoisuuksien keskiarvosta olivat ensimmäisellä mittausviikolla -14 % - +16 % lukuun ottamatta laboratoriota A:ta. Laboratorion A ensimmäisen päivän mittaustulokset (mittaukset nro 1-5) ovat selvästi keskiarvosta poikkeavia (maks. + 40 %), eikä niitä ole laskettu mukaan keskiarvoon.

Toisella mittausviikolla vastaavat poikkeamat olivat -5 % - +6 %.

SO₂

Rikkidioksidipitoisuuksien poikkeamat pitoisuuksien keskiarvosta olivat ensimmäisen mittausviikon ensimmäisenä päivänä (mittaukset nro 1-5) -100 % - +125 %. Pitoisuuspoikkeamien tosiasiallinen merkitys on pieni pitoisuuksien ollessa alle 10 mg/m³, kuiva, NTP. SO₂-pitoisuuksien noustessa kahden seuraavan mittauspäivän aikana (mittaukset nro 6-15), pitoisuuksien erot keskiarvoon nähden olivat -15 % - +29 % lukuun ottamatta laboratorio C:tä. Laboratorio C mittaustulokset (mittaukset nro 6-15) ovat selvästi muita suurempia (maks. +77 %), eikä niitä ole otettu keskiarvoihin mukaan.

Toisella mittausviikolla SO₂-pitoisuuksien erot vaihtelivat -95 % - +75 % keskiarvoon nähden pienillä pitoisuuksilla ensimmäisenä mittauspäivänä (mittaukset nro 1-5). Todellinen pitoisuuksien vaihtelu (mg/m³) on pieni. Kahden seuraavan päivän aikana (mittaukset nro 6-15), SO₂-pitoisuuden ollessa suurempi, poikkeamat keskiarvosta olivat -7 % - +7 %.

Hiukkaspitoisuus

Hiukkaspitoisuuksien poikkeamat pitoisuuksien keskiarvosta olivat ensimmäisellä viikolla -95 % - 155 %. Hiukkasmittauksissa laboratorion D tulokset ovat suuremmat kuin muiden tulokset, ja tuloksissa on suurempi hajonta kuin muilla. Laboratorio D käytti out-stack-sampling-näytteenottotekniikkaa (suodatin kanavan ulkopuolella). Muut laboratoriot käyttivät in-stack-näytteenottotekniikkaa (suodatin kanavassa). Molemmat näytteenottomenetelmät ovat standardin SFS-EN 13284-1 mukaisia.

Toisella mittausviikolla vastaavat erot keskiarvosta olivat -90 % - +130 % lukuun ottamatta laboratorio G:n ensimmäistä hiukkasmittaustulosta. Tulos on todennäköisesti virheellinen, sillä se poikkeaa selvästi muiden laboratorioiden tuloksista.

O₂

Happipitoisuuksien poikkeamat pitoisuuksien keskiarvosta olivat ensimmäisellä viikolla -11 % - +11 %. Vastaavat poikkeamat toisella mittausviikolla olivat -7 % - +20 %. Laboratorio G:n O₂-tulokset 7 ja 12 vaikuttavat virheellisiltä. Tulokset on kuitenkin huomioitu keskiarvoja laskettaessa.

Happipitoisuusmittausten tarkkuus ja laadukkuus ovat merkittäviä tekijöitä, koska happipitoisuuksien avulla raja-arvon olosuhteisiin muunnetuissa pitoisuuksissa kertautuu happimittaustulosten virheet.

H₂O

H₂O-pitoisuuspoikkeamat keskiarvopitoisuuksista olivat ensimmäisellä mittausviikolla -12 % - +18 % ja toisella mittausviikolla -9 % - +16 %. Näitä mittauseroja voidaan pitää merkittävänä, koska ne yksinään johtavat samansuuruisiin eroihin savukaasupitoisuuksissa muutettaessa kosteista pitoisuuksista kuiviksi pitoisuuksiksi.

Tilavuusvirta

Tilavuusvirtausmittauksissa mittausviikolla 2 esiintyi systemaattisesti n.15 Nm³/s ero suurimman ja pienimmän tuloksen saaneiden laboratorioden välillä. Ero vastaa suurimmillaan -19 % - +15 % vaihtelua määritettyjen tilavuusvirtojen keskiarvoon nähden.

Tilavuusvirran referenssimittausten avulla voidaan kalibroida laitoksen tilavuusvirran määritysmenetelmä, johon usein sisältyy kiinteästi asennettu jatkuvatoiminen savukaasujen nopeusmittaus. LCP-asetuksessa ei ole tilavuusvirran AMS-mittauksille esitetty mitään vaatimuksia mittausepävarmuuden suhteen. LCP-asetuksen alainen laitos joutuu kuitenkin raportoimaan päästörekkisteriin (esim. EPER) vuotuiset päästönsä (esim. kg/h) ja sen vuoksi korostuu tilavuusvirran määrittämisessä tehtyjen referenssimittausten luotettavuus.

5.2 QAL 2-laskentojen tarkastelu

QAL 2-laskentojen tarkastelu on jaettu kahteen osioon; NO_x:n ja SO₂:n sekä hiukkasten laskentojen tarkasteluun. Laskentojen oikeellisuutta ei tarkastella tässä raportissa laboratoriokohtaisesti, vaan yhtenäisesti. Laboratoriokohtaisista huomioista on keskusteltu laboratorioden kanssa luottamuksellisesti.

5.2.1 NO_x ja SO₂

NO_x-mittausten perusteella tehdyistä kiinteän mittalaitteen kalibroinneista (QAL 2-laskenta) neljä laboratoriota yhdeksästä suoritti laskennan täysin SFS-EN 14181 mukaisesti.

SO₂-mittausten perusteella tehdyistä kiinteän mittalaitteen kalibroinneista kolme laboratoriota kahdeksasta suoritti laskennan täysin SFS-EN 14181 mukaisesti. Laboratorio I ei osallistunut SO₂-vertailuun.

Laboratoriot E ja H tekivät kalibrointisuorat piipun olosuhteisiin, vaikka kalibrointisuora piti tehdä kuivaan kaasuun, NTP-olosuhteeseen. Väärästä olosuhteesta johtuen ilmoitettuja kalibrointisuoria ei ole esitetty kuvissa 37-40, koska ne eivät olisi vertailukelpoisia muiden laboratorioden ilmoittamien kalibrointisuorien kanssa.

Laboratorioiden ilmoittamilla kalibrointisuorilla laskettuna on NO_x-pitoisuuksien ero suurimmillaan 16 %. SO₂-pitoisuuksien ero on suurimmillaan 94 %.

Laskennoista tehtiin seuraavia havaintoja:

- SRM:n pitoisuuksien muunnoksissa NTP-olosuhteisiin otettiin lämpötila ja paine huomioon, vaikka SRM-mittaukset tehtiin ekstraktiivisesti, jolloin ko. muunnoksia ei tarvitse tehdä.

- SRM:n kosteiden pitoisuuksien muunnoksessa kuivaksi pitoisuudeksi kuivausmuunnos tehtiin kaksi kertaa.

- Kalibrointisuora laskettiin kosteista pitoisuuksista, vaikka se olisi pitänyt laskea kuivista NTP-olosuhteen pitoisuuksista.

- AMS:n antamat tulokset on ajateltu piipun olosuhteissa oleviksi, vaikka AMS:n näytteenotto oli ekstraktiivinen ja se mittasi pitoisuudet kuivissa NTP-olosuhteissa. Tällöin kalibrointi pitää tehdä piipun olosuhteiden sijasta mittalaitteen analyysiolosuhteissa i. kuivissa kaasuissa, NTP.

- Pitoisuuksien muunnos raja-arvon tilaan oli tehty 11 % O₂-pitoisuuteen, vaikka kiinteitä polttoaineita käyttäessä muunnokset on tehtävä 6 % O₂-pitoisuuteen.

- Kalibrointisuoran pätevyysalueet oli laskettu hapella muuntamattomista pitoisuuksista. Kalibrointisuoran pätevyysaluetta laskettaessa pitoisuuksien olotilan pitää olla raja-arvon tilassa, eli tässä tapauksessa NTP, kuiva, 6 % O₂.

- Kalibrointisuoran pätevyysalue oli merkitty alkamaan joko nollassa tai y_{min}:stä. Pätevyysalue alkaa aina nollassa.

- Päästöraja-arvon epävarmuutena oli käytetty 30 %:a, vaikka NO_x- ja SO₂-mittauksille LCP-asetuksen asettama epävarmuus on 20 %.

- Päästöraja-arvon muunnoksessa mg/m³:sta ppm:ksi oli laskuvirhe.

- Käytetty testikerroin (k_v-arvo / näytteenottolukumäärä) oli virheellinen.

5.2.2 Hiukkaset

Hiukkasmittausten perusteella tehdyistä kiinteän mittalaitteen kalibroinneista (QAL 2-laskenta) kaksi laboratoriota seitsemästä suoritti laskennan täysin SFS-EN 14181:n mukaisesti. Laboratorio C:n laskennat sisältyvät tähän raportin osioon, vaikkei numeerisia tuloksia ole tässä raportissa esitetty. Laboratoriot B ja I eivät osallistuneet hiukkasmittauksiin.

Laskennoista tehtiin seuraavia havaintoja:

- Käytetty testikerroin k_v-arvo / näytteenottolukumäärä oli virheellinen.

- Päästöraja-arvon epävarmuutena on käytetty 20 %:a, vaikka hiukkasmittauksille LCP-asetuksen asettama epävarmuus on 30 %.

- Pitoisuuksien muunnos raja-arvon tilaan oli tehty 11 % O₂-pitoisuuteen, vaikka kiinteitä polttoaineita käyttäessä muunnokset on tehtävä 6 % O₂-pitoisuuteen.
- Kalibrointisuoran pätevyysalueet oli laskettu kosteista pitoisuuksista.
- Kalibrointisuoran pätevyysaluetta laskettaessa pitoisuuksien olotilan pitää olla raja-arvon tilassa, eli tässä tapauksessa NTP, kuiva, 6 % O₂.
- Kalibrointisuoran pätevyysalue oli merkitty alkamaan joko nolasta tai y_{\min} :stä. Pätevyysalue alkaa aina nolasta.
- Laskuvirheestä johtuen on valittu väärä kalibrointisuoran laskutapa.
- σ_0 :n laskennassa oli virhe.
- Selvästi virheellinen mittaustulos on otettu laskentaan mukaan.
- Kalibrointisuoran vakio-osa (a) jätetty pois. Kalibrointisuora tulee olla aina muotoa $y = a + bx_i$.

5.2.3 Päästöt

LCP-laitos käyttää savukaasupäästöjen laskentaan kalibroituja pitoisuusmittaustuloksia. Huolimatta siitä, että kalibroidut pitoisuusarvot olisivat selvästi pienempiä kuin vastaavat raja-arvot, korostuu kalibrointien luotettavuus päästöjen määrittämisessä esim. EPER-päästörekiin.

6 Johtopäätökset

Vertailumittausten pitoisuuksien keskinäinen hajonta on merkittävä ja tulosten laskennassa oli puutteita. Laboratorioiden tulee kiinnittää enemmän huomiota mittaustapahtuman laadunvarmistukseen ja pitoisuustulosten laskentaan. Tulokset osoittavat, että laboratorioiden väliset erot AMS:n validoinnissa johtuvat joissakin tapauksissa sekä mitattujen savukaasupitoisuuksien eroista että AMS:n validointilaskelmien eroista.

Tässä vertailumittauksessa esiin tulleet epävarmuudet AMS:n validoinnissa voivat johtaa virheellisiin johtopäätöksiin mm. uusien QAL 2 -mittausten tarpeesta AST-mittausten perusteella. Jos alkuperäinen QAL 2:n mukainen validointi on ollut esim. kalibrointisuoran suhteen virheellinen, ovat laitoksen päästöt todellisuudessa saattaneet olla liian pieniä tai liian suuria raja-arvoon nähden. Näihin tilanteisiin ei ole olemassa korjaavaa toimintamallia.

QAL 2-laskennassa tarkastellaan ainoastaan kalibroituja AMS:n tulosta ja sen hajontaa SRM:n tuloksiin nähden. Tästä seuraa, että mahdolliset kalibrointilaskelmissa tehdyt virheet jäävät paljastumatta. Lisäksi nämä vertailumittaukset osoittavat, että huolimatta mittajien keskinäisistä kalibrointisuorien hajonnoista AMS täyttää kaikissa tapauksissa valtioneuvoston

asetuksen N:o 1017/2002 vaatimukset. Tämä voi johtaa siihen, että lopputuloksiin ollaan tyytyväisiä, eikä laskentojen tarkistuksia tehdä.

Onnistuneilla validointimittauksilla on mahdollisuus löytää mm. puutteet SRM:n tai AMS:n tuloksissa tai tulosten käsittelyssä.

Päästömittaustalorioiden on parannettava mittaustensa laatua ja kehitettävä standardin SFS-EN 14181 käyttöä. Standardin SFS-EN 14181 käytettävyyttä AMS:n laadunvarmistukseen tulee lisäksi parantaa implementoimalla se kansalliseen käyttöön siten, ettei enää olisi erilaisten tulkintojen mahdollisuutta.

Lähdeviitteet

SFS-EN 14181:2004, Stationary source emissions – Quality assurance of automated measuring systems, 27 s.+ 32 s.

VN-asetus nro 1017/2002, Polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten ja kaasuturbiinien rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen rajoittamiseksi.

Päästömittausten käsikirja osat 1-3, VTT, Espoo, 2004, 58s.+ 7 liitettä.

SFS-EN 13284-2:2004, Stationary source emissions – Determination of low range mass concentration of dust – Part 2: Automated measuring systems, 25 s.

SFS-EN 13284-1:2003, Stationary source emissions – Determination of low range mass concentration of dust – Part 1: Manual gravimetric method, 47 s.