

KESKLAVOR

Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB

Estonian Environmental Research Centre

Raskmetallide, püsivate saasteainete ja ülipeente osakeste eriheidete määramine põlevkivi termilisel töötlemisel

Tallinn 2016



Töö nimetus: Raskmetallide, püsivate saasteainete ja ülipeente osakeste eriheidete määramine põlevkivi termilisel töötlemisel

Töö autorid

Maris Paju

Keio Vainumäe

Aivo Heinsoo

Marek Maasikmets

Mikk-Erik Saidla

Mart Vill

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium

Töö rahastaja:



Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Marja 4D

Tallinn, 10617

Tel. 6112 900

Fax. 6112 901

info@klab.ee

www.klab.ee

Lepingu nr: ÖHK-28

Töö valmimisaeg: 17.11.2016, täiendused vastavalt 06.02.2017 arutelule

1 Sissejuhatus

Põlevkivi termilisest töötlemisest eralduvate raskmetallide (Hg, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, V, Cu), tahma (black carbon, BC), peenosakeste (PM_x, 40 nm– 10 mikromeetrit), dioksiinide ning furaanide (PCDD/F) eriheited, mida kasutatakse välisõhu inventuuris, on määratud aastaid tagasi. Selle aja jooksul on oluliselt täiustunud ning paranenud nii põletamis- ja töötlemistehnoloogiad kui ka määramismeetodid, mistõttu ei iseloomusta need eriheited enam hetkeolukorda ning selle tulemusena toimub heitkoguste ülehindamine. Eestis emiteeritavate saasteainete heitkoguste adekvaatsemaks hindamiseks on vajalik eriheidete täpsustamine.

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ teostas Keskkonnaministeeriumi tellimusel ja SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse (2015. aasta projekt 10891) rahastamisel projekti „Raskmetallide, püsivate saasteainete ja ülipeente osakeste eriheidete määramine põlevkivi termilisel töötlemisel“, mille eesmärgiks oli määrata uued eriheited põlevkivi termilisel töötlemisel tekkivatele raskmetallidele ning ülipeentele osakestele ja õlitootmisest tekkivatele dioksiinidele ning furaanidele. Saadud mõõtmistulemused esitatakse Keskkonnaministeeriumile.

Eriheidete määramise mõõtmised viidi läbi põlevkivi põletavates soojus- ning elektrijaamades, põlevkiviõlitööstuses ja tsemendi tootmisel. Töö raames mõõdeti põlevkivi termilisel töötlemisel tekkivate raskmetallide (elavhõbeda (Hg), arseeni (As), plii (Pb), kaadmiumi (Cd), kroomi (Cr), nikli (Ni), tsingi (Zn), vanaadiumi (V), vase (Cu)), tahma (BC, black carbon) ning peente osakeste (suurusjatus 40 nm – 10 mikromeetrit) ja õlitootmises tekkivate dioksiinide ning furaanide sisaldust väljuvates gaasides.

2 Mõõteseadmed ning meetodikad

Saasteainete proovivõtul lähtuti standarditest:

- EVS-EN 15259:2007 „Air quality - Measurement of stationary source emissions - Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report“
- EN ISO 11771:2010 „Air quality - Determination of time-averaged mass emissions and emission factors - General approach (ISO 11771:2010)“
- Eesti Keskkonnauuringute Keskuse akrediteeritud standardtööjuhend STJnrÕ112.

Osakeste (PM-SUM, PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0}, PM<1) proovide võtmisel järgiti standarditest:

- EVS-EN 14907 „Välisõhu kvaliteet. Standardne kaalumismeetod suspendeerunud osakeste PM_{2,5}-massifraktsiooni määramiseks“;
- EVS-EN 12341 „Õhukvaliteet. Suspendeerunud osakeste PM₁₀-fraktsiooni määramine. Standardmeetod ja välimõõtmisprotseduur mõõtemetodi võrdvärsuse näitamiseks standardmeetodi suhtes“;
- ISO 9096:2003 „Stationary source emissions -- Manual determination of mass concentration of particulate matter“
- EN 13284-1:2001 „Stationary source emissions - Determination of low range mass concentration of dust - Part 1: Manual gravimetric method“
- EN ISO 23210:2009 „Stationary source emissions - Determination of PM₁₀/PM_{2,5} mass concentration in flue gas - Measurement at low concentrations by use of impactors (ISO 23210:2009)“.
- EVS-EN 14902:2005 „Ambient air quality – Standard method for the measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter“

Peenosakeste kontsentratsiooni määramiseks kasutati impaktor-proovivõtuseadet Dekati ja ELPI+ (electrical low pressure impactor), mis jagab osakeste proovi vastavalt osakeste suurusele fraktsioonidesse, antud töös klassifitseeriti osakesed: osakesed suurusega 10 µm, 2,5 µm, 1 µm ja osakesed < 500 nm. Lisaks määrati kogu mõõdetava suurusvahemiku (40 nm – 10 µm) osakeste arvkontsentratsioon (1/cm³), mille põhjal arvutati kogu mõõdetud suurusvahemiku massikontsentratsioon (mg/m³). Analüsaatorisse sisenevad osakeste (väiksemad kui 10 µm, suuremad lõigatakse proovivõtuseadme otsas asuva tsükloni poolt maha) laeng(ud) esmalt neutraliseeritakse, seejärel laetakse osakesed uuesti koroonanõela abil ning edasi liiguvad osakesed 14 astmelisse

impaktorisse, kus osakesed vastavalt oma suurusele sadestuvad ning seeläbi annavad impaktorplaadile edasi oma laengu, mis registreeritakse elektromeetri poolt.

Dioksiinide/furaanide ja muude dioksiinilaadsete ühendite proovivõtul ja analüüsil lähtuti standarditest:

- EVS-EN 1948-1:2006 „Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs – Part 1: Sampling of PCDDs/PCDFs“
- EVS-EN 1948-2:2006 „Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs – Part 2: Extraction and clean-up of PCDDs/PCDFs“

Dioksiinide proov võetakse läbi soojendatava proovivõtusondi, mis asetseb suitsukäigus, ning mille proovivõtuotsiku ots on suunatud analüüsitava gaasivoo vastu. Proovi võetakse isokineetiliselt kindla perioodi vältel, keskmiselt kuni 4 tundi. Selleks, et tagada dioksiinide keskmise kontsentratsiooni määramine suitsugaasis, tuleb võtta proovi eelnevalt määratud arvu punktidest, mis on jaotatud ühtlaselt üle suitsukäigu risklõike.

Tahked osakesed eraldatakse proovist kasutades klaasfiiber filtrit, mis asetseb peale proovivõtusondi soojendatud kambris. Peale filtrit läbib gaasivoog spiraaljahuti ja adsorbendi XAD2 kolonni, mis püüab gaasilises faasis olevad dioksiinid. Peale XAD2 läbimist läheb gaas kuivatamisele, proovivõtu isokineetilisuse kontrolli ja gaasikella läbiimetud gaasi mahu määramiseks.

Kogutud proov koosneb eelfiltrist, adsorbent XAD2 kolonnist ja pesulahusest. Seadmestikku läbiva gaasiteekonna puhastamine toimub mõõtepunktis kohapeal või hiljem laboris. Analüüsi tulemusena saadakse dioksiinide/furaanide ja dioksiinilaadsete ühendite koguhulk proovis. Kontsentratsioon arvutatakse jagades määratud dioksiini koguse proovis läbiimetud kuiva ja normaliseeritud gaasi mahtkuluga.

Dioksiinilaadsete ühendite (PCDD/F, HCB) analüüs teostati alltöövõtuna vastavat akrediteeringut omava ALS Laboratory Group labori poolt, kasutades selleks HRMS-i (kõrglahutuvusega mass-spektromeeter).

Raskmetallide proovivõtuks kasutati Metlab soojendatavat proovivõtuseadet Metlab metal sampler. Raskmetallide proovid koguti 47 mm kvarts-fiiber filtrile ning lisaks koguti gaasifaasis olevad raskmetallid lahustesse. Hg kogumiseks kasutatakse kaaliumpermanganaadi (KMnO₄) lahust ning teiste metallide puhul kontsentreeritud lämmastikhappe (HNO₃) ja vesinikperoksiidi (H₂O₂) lahust.

Metallide kontsentratsioonide määramisel kasutati induktiivsidestunud plasma mass-spektromeetrit (Varian ICP-MS 7500) ja induktiivsidestunud plasma optiline emissioonspektromeetrit (Varian Vista-MPX ICP-OES) ning elavhõbeda määramisel kasutati Lumex RA-915+ Zeeman elavhõbeda spektromeetrit.

Gaaside ja niiskuse (O_2 ja H_2O) määramiseks kasutati FT-IR (Fourieri teisendusega infrapuna spektroskoop) spektroskoopi Protea Atmosfir. Mõõtmistel lähtuti standardtööjuhendist STJnrÕ145.

Temperatuuri mõõtmiseks kasutati Testo 350, mille mõõtepiirkond on 0 – 1 200 °C.

Gaaside kiirus määrati dünaamilise rõhu kaudu. Dünaamiline rõhk määratakse kuumades, niisketes ja tahkeid osakesi sisaldavates gaasides Pitot-toruga, mis on ühendatud silikoonvoolikute abil mõõteseadmega Testo 521. Dünaamiline rõhk määratakse täpsusega +/- 5 Pa. Gaaside joonkiiruse, staatilise rõhu ja temperatuuri määramisel lähtuti standardtööjuhendist STJm.Õ104.

Tahma (BC) määramiseks kasutati 7 lainepikkusel töötavat etalomeetrit AE-33 (pidevproovivõtt koos lahjendusega) ja 2 lainepikkusel töötavat analüsaatorit SootScan21, mis võimaldab teostada tahma analüüsi filtritelt.

3 Mõõdetud kontsentratsioonid

3.1 Väävlipüüduriga soojuselektriijaam

Väävlipüüduriga soojuselektriijaama saasteallikast viidi raskmetallide ning osakeste mõõtmised läbi ajavahemikul 18.07 – 19.07.2016. Mõõtepunkt (Joonis 1 ning Joonis 2) asus korstna 25 m kõrgusel mõõteplatvormil.

Saasteallikast eralduvate raskmetallide ning osakeste kontsentratsioonid on esitatud Tabel 1.



Joonis 1 Soojuselektriijaama korstna mõõtepunkt



Joonis 2 Soojuselektrijaama korstna mõõtepunkt

Tabel 1 Osakeste ja raskmetallide kontsentratsioonid väävlipüüduriga soosjuselektrijaama saasteallikast

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
18.07.2016	OM464	Filter	0.020	1.083	0.022	0.025	4.193	1.223	1.642	4.333	0.203	4.089
	OM474	Lahus		0.285	0.042	0.469	3.179	5.400	7.540	15.690	0.509	12.175
18.07.2016	OM465	Filter	0.0004	0.036	0.002	0.004	1.563	1.127	0.138	0.872	0.018	1.054
	OM475	Lahus		0.074	0.076	0.659	0.740	2.192	14.659	93.287	0.740	29.689
18.07.2016	OM466	Filter	0.002	0.099	0.003	0.005	1.641	1.412	0.534	2.939	0.021	2.137
	OM476	Lahus		0.063	0.035	0.372	0.864	0.663	5.900	48.776	0.631	5.900
18.07.2016	OM467	Filter	0.001	0.082	0.002	0.016	1.769	0.740	0.535	4.031	0.021	1.933
	OM477	Lahus		0.099	0.048	0.288	0.992	1.527	12.593	890.431	0.992	28.557
18.07.2016	OM472	Filter	0.004	0.471	0.006	0.004	2.198	0.432	0.942	3.963	0.106	2.982
	OM478	Lahus		0.061	0.058	0.147	0.614	0.319	2.626	27.427	0.614	5.111
19.07.2016	OM468	Filter	0.005	0.227	0.003	0.008	2.414	0.568	1.041	4.450	0.062	4.166
	OM479	Lahus		0.104	0.055	0.085	0.947	0.341	1.704	53.495	0.947	11.835
19.07.2016	OM469	Filter	0.015	0.734	0.048	0.052	12.053	5.240	3.144	11.005	0.189	9.695
	OM480	Lahus		0.081	0.063	0.089	0.811	1.281	2.878	29.505	0.811	1.621
19.07.2016	OM473	Filter	0.064	4.311	0.069	0.052	24.718	5.174	7.473	18.683	0.920	20.120
	OM481	Lahus		0.079	0.087	0.095	1.064	3.293	2.907	29.468	0.788	19.225
19.07.2016	OM470	Filter	0.027	1.957	0.047	0.065	18.680	10.081	4.151	13.936	0.445	11.860
	OM482	Lahus		0.068	0.147	0.048	0.683	1.209	0.806	27.860	0.683	3.865
19.07.2016	OM471	Filter	0.008	0.644	0.033	0.039	15.130	5.473	3.219	19.315	0.161	18.027
	OM483	Lahus		0.077	0.125	0.054	1.188	0.943	0.828	19.775	0.766	2.575

3.2 Õliteshas 1

Õliteshas 1 viidi raskmetallide ja osakeste mõõtmised läbi 11.08.2016 ning dioksiinide ja furaanide mõõtmised 11.08, 12.08 ning 15.08.2016. Mõõtepunkt (Joonis 3) asus õliteshas korstnal peale filtrit.

Õliteshas saasteallikast eralduvate raskmetallide ja osakeste kontsentratsioonid on esitatud Tabel 2 ning dioksiinide ja furaanide kontsentratsioonid Tabel 3.



Joonis 3 Õliteshas 1 mõõtepunkt

Tabel 2 Osakeste ja raskmetallide kontsentratsioonid õlitehase 1 saasteallikast

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
11.08.2016	OM538	Filter	0.008	0.088	0.006	0.029	5.565	1.377	3.368	3.954	0.615	2.343
	OM561	Lahus		2.451	0.974	0.045	1.114	1.021	0.413	16.279	0.899	2.229
11.08.2016	OM539	Filter	0.001	0.024	0.004	0.024	4.424	1.004	0.861	5.619	0.120	3.946
	OM552	Lahus		0.179	0.724	0.039	0.974	0.829	0.224	13.437	0.739	1.947
11.08.2016	OM540	Filter	0.004	0.055	0.005	0.027	5.486	1.509	1.783	12.070	0.357	2.880
	OM553	Lahus		1.231	0.449	0.240	6.005	5.614	2.462	91.751	5.068	12.009
11.08.2016	OM541	Filter	0.004	0.041	0.005	0.041	7.632	1.568	2.063	11.138	0.330	3.919
	OM554	Lahus		1.438	0.360	0.333	8.314	6.643	2.153	107.751	5.928	16.628
11.08.2016	OM542	Filter	0.004	0.050	0.003	0.025	5.417	0.983	1.512	7.306	0.403	2.267
	OM555	Lahus		0.774	0.360	0.228	11.377	3.857	2.184	64.281	3.726	11.377
11.08.2016	OM543	Filter	0.005	0.060	0.003	0.030	5.887	0.876	1.449	5.585	0.392	0.242
	OM556	Lahus		0.277	0.324	0.111	2.771	0.632	0.948	13.269	0.696	5.543
11.08.2016	OM544	Filter	0.002	0.020	0.004	0.020	3.662	0.792	0.653	6.631	0.158	1.287
	OM557	Lahus		0.189	0.496	0.037	0.924	0.821	0.273	13.266	0.758	1.848
11.08.2016	OM545	Filter	0.006	0.033	0.002	0.016	2.879	0.576	1.234	3.290	0.411	0.905
	OM558	Lahus		0.198	0.483	0.035	1.772	0.835	0.307	13.626	0.769	1.772
11.08.2016	OM546	Filter	0.005	0.033	0.002	0.005	3.062	0.579	0.910	3.476	0.397	1.159
	OM559	Lahus		0.262	0.182	0.057	2.844	1.210	0.393	19.299	1.079	2.844
11.08.2016	OM547	Filter	0.004	0.045	0.002	0.015	3.210	0.523	1.045	2.538	0.388	1.493
	OM560	Lahus		0.148	0.283	0.031	1.566	0.703	0.296	11.278	0.628	1.566

Tabel 3 Dioksiinide ja furaanide kontsentratsioonid õliteshas 1 saasteallikast

Kuupäev	I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	2378-TCDD, ng/Nm ³	12378-PeCDD, ng/Nm ³	123478-HxCDD, ng/Nm ³	123678-HxCDD, ng/Nm ³	123789-HxCDD, ng/Nm ³	1234678-HpCDD, ng/Nm ³	OCDD, ng/Nm ³	2378-TCDF, ng/Nm ³
11.08.2016	0.001	0.0003	0.0002	0.00006	0.00006	0.00006	0.00001	0.00001	0.00003
12.08.2016	0.001	0.0003	0.0002	0.00005	0.00005	0.00005	0.00001	0.00001	0.00003
15.08.2016	0.001	0.0004	0.0002	0.00005	0.00005	0.00005	0.000007	0.000001	0.00007

Tabel 3 Dioksiinide ja furaanide kontsentratsioonid õliteshas 1 saasteallikast (järg)

Kuupäev	12378-PeCDF, ng/Nm ³	23478-PeCDF, ng/Nm ³	123478-HxCDF, ng/Nm ³	123678-HxCDF, ng/Nm ³	123789-HxCDF, ng/Nm ³	234678-HxCDF, ng/Nm ³	1234678-HpCDF, ng/Nm ³	1234789-HpCDF, ng/Nm ³	OCDF, ng/Nm ³
11.08.2016	0.00002	0.0002	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.000005	0.000005	0.000001
12.08.2016	0.00002	0.0002	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00001	0.00001	0.000001
15.08.2016	0.00002	0.00002	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.000007	0.000007	0.000001

3.3 Tsemenditehas

Tsemenditehase 3. ahju raskmetallide ning osakeste mõõtmised viidi läbi ajavahemikul 26.07 – 27.07.2016. Mõõtepunkt (Joonis 4) asus 3. ahju suitsukäigul peale filtrit.

Saasteallikast eralduvate raskmetallide ning osakeste kontsentratsioonid on esitatud Tabel 4.



Joonis 4 Tsemenditehase 3. ahju mõõtepunkt

Tabel 4 Osakeste ja raskmetallide kontsentratsioonid saasteallikast 3. ahi

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
26.07.2016	OM499	Filter	0.063	1.217	0.009	3.220	14.670	4.652	2111.098	157.438	0.716	17.175
	OM489	Lahus		0.225	62.832	0.450	2.249	2.159	7.557	272.142	2.249	105.708
26.07.2016	OM500	Filter	0.018	0.326	0.005	0.889	6.073	1.392	548.070	46.216	0.178	6.666
	OM490	Lahus		0.181	60.063	0.217	1.807	1.644	5.077	40.650	1.807	84.552
26.07.2016	OM501	Filter	0.010	0.156	0.001	0.412	2.702	0.668	257.385	24.743	0.100	2.133
	OM491	Lahus		0.160	45.816	0.144	1.597	0.415	3.594	21.722	1.597	13.448
26.07.2016	OM502	Filter	0.008	0.100	0.003	0.314	2.930	0.858	195.827	22.727	0.100	3.573
	OM492	Lahus		0.127	47.136	0.051	1.267	0.367	7.600	295.151	1.267	23.435
26.07.2016	OM503	Filter	0.009	0.137	0.002	0.289	3.197	0.441	211.584	21.158	0.107	1.751
	OM493	Lahus		0.133	112.237	0.053	1.328	0.505	3.094	35.054	1.328	5.417
26.07.2016	OM504	Filter	0.007	0.111	0.004	0.260	2.721	0.458	185.533	19.172	0.087	2.474
	OM494	Lahus		0.042	114.500	0.021	0.424	0.085	0.564	5.849	0.424	5.468
26.07.2016	OM505	Filter	0.005	0.060	0.008	0.179	2.532	0.402	127.333	16.531	0.060	1.489
	OM495	Lahus		0.136	83.641	0.054	1.361	0.272	1.959	50.477	1.361	3.782
27.07.2016	OM506	Filter	0.016	0.249	0.009	0.416	3.574	0.449	272.607	21.277	0.283	3.241
	OM496	Lahus		0.147	26.745	0.059	1.469	0.294	2.336	23.658	1.469	6.186
27.07.2016	OM507	Filter	0.006	0.106	0.001	0.137	2.888	0.395	91.965	14.517	0.122	1.140
	OM497	Lahus		0.127	33.178	0.051	1.267	1.748	1.229	235.614	1.267	10.121
27.07.2016	OM508	Filter	0.010	0.245	0.004	0.553	4.190	0.553	130.445	14.389	0.656	3.558
	OM498	Lahus		0.138	27.414	0.055	1.378	0.331	0.992	10.580	1.378	5.621

3.4 Õlithas 2

Õlithas 2 saasteallikast viidi osakeste ning raskmetallide mõõtmised läbi ajavahemikul 06.09 – 07.09.2016 ning dioksiinide ja furaanide mõõtmised 06.09 – 08.09.2016. Mõõtepunkt (Joonis 5 ja Joonis 6) asus õlithase korstnal peale filtrit, ca 60 m kõrgusel.

Õlithas 2 saasteallikast eralduvate raskmetallide ja osakeste kontsentratsioonid on esitatud Tabel 5 ning PCDD/F kontsentratsioonid Tabel 6.



Joonis 5 Õlithase 2 korsten



Joonis 6 Õlithase mõõtepunkt

Tabel 5 Osakeste ja raskmetallide kontsentratsioonid õlitehase 2 saasteallikast

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
6.09.2016	OM575	Filter	0.032	1.216	0.004	0.017	4.863	4.949	2.344	29.523	1.650	3.734
	OM565	Lahus		0.083	1.678	0.038	0.987	0.607	0.918	45.010	0.759	2.945
6.09.2016	OM576	Filter	0.014	0.596	0.002	0.008	2.632	1.241	1.192	7.895	0.745	10.030
	OM566	Lahus		0.074	0.511	0.014	0.355	0.287	0.131	7.165	0.355	0.979
6.09.2016	OM577	Filter	0.013	0.726	0.003	0.019	5.475	1.666	1.190	4.522	1.024	2.737
	OM567	Lahus		0.091	0.389	0.036	0.912	0.374	0.848	29.096	0.912	1.824
6.09.2016	OM578	Filter	0.025	1.114	0.006	0.036	6.018	8.023	2.229	18.387	1.560	13.595
	OM568	Lahus		0.085	0.205	0.034	0.855	0.504	0.521	55.893	0.855	1.709
6.09.2016	OM579	Filter	0.024	1.116	0.006	0.018	5.579	1.927	1.724	9.840	1.623	3.652
	OM569	Lahus		0.077	0.125	0.031	0.770	0.254	0.254	71.128	0.770	1.540
6.09.2016	OM580	Filter	0.017	0.974	0.002	0.012	5.478	1.724	1.217	7.304	1.420	2.232
	OM570	Lahus		0.076	0.042	0.031	0.764	0.390	0.298	14.599	0.764	1.529
6.09.2016	OM581	Filter	0.018	0.906	0.002	0.017	5.000	1.250	1.354	3.542	1.250	2.292
	OM571	Lahus		0.079	0.116	0.031	0.787	0.204	0.582	849.437	0.787	1.573
6.09.2016	OM582	Filter	0.018	1.157	0.015	0.019	6.061	1.791	1.928	3.719	1.515	3.306
	OM572	Lahus		0.082	0.082	0.033	0.822	0.337	0.625	45.389	0.822	1.645
7.09.2016	OM583	Filter	0.059	2.977	0.005	0.038	6.311	3.453	5.596	15.956	3.691	6.430
	OM573	Lahus		0.106	0.041	0.042	1.060	0.276	0.445	17.811	1.060	2.120
7.09.2016	OM584	Filter	0.027	1.423	0.007	0.026	6.284	3.320	2.727	5.572	2.016	2.964
	OM574	Lahus		0.088	0.041	0.035	0.882	0.247	0.432	525.722	0.882	1.764

Tabel 6 Dioksiinide ning furaanide kontsentratsioonid õlithase 2 saasteallikast

Kuupäev	I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	2378-TCDD, ng/Nm ³	12378-PeCDD, ng/Nm ³	123478-HxCDD, ng/Nm ³	123678-HxCDD, ng/Nm ³	123789-HxCDD, ng/Nm ³	1234678-HpCDD, ng/Nm ³	OCDD, ng/Nm ³	2378-TCDF, ng/Nm ³
6.09.2016	0.001	0.0002	0.0002	0.00003	0.00003	0.00003	0.00001	0.000006	0.0002
7.09.2016	0.002	0.0003	0.0002	0.00004	0.00004	0.00004	0.00002	0.000008	0.0004
8.09.2016	0.005	0.0006	0.0004	0.00007	0.00007	0.00007	0.00001	0.000005	0.001

Tabel 6 PCDD/F kontsentratsioonid õlithase 2 saasteallikast (järg)

Kuupäev	12378-PeCDF, ng/Nm ³	23478-PeCDF, ng/Nm ³	123478-HxCDF, ng/Nm ³	123678-HxCDF, ng/Nm ³	123789-HxCDF, ng/Nm ³	234678-HxCDF, ng/Nm ³	1234678-HpCDF, ng/Nm ³	1234789-HpCDF, ng/Nm ³	OCDF, ng/Nm ³
6.09.2016	0.00004	0.0002	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00001	0.00001	0.000001
7.09.2016	0.00008	0.0004	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00001	0.00001	0.000001
8.09.2016	0.0006	0.001	0.0003	0.0002	0.00005	0.00005	0.00003	0.00005	0.00001

3.5 Õlites 3

Raskmetallide ning osakeste mõõtmised õlites 3 saasteallikast nr 1 viidi läbi ajavahemikul 21.09 – 22.09 ning saasteallikast nr 2 21.09.2016 ja 27.10.2016. Mõõtepunkt (Joonis 7) asus nr 1 ja 2 suitsukäigul peale filtrit.

Saasteallikast nr 1 eralduvate raskmetallide ja osakeste kontsentratsioonid on esitatud Tabel 7 ning saasteallikast nr 2 Tabel 8.



Joonis 7 Õlites 3 mõõtepunkt

Tabel 7 Osakeste ja raskmetallide kontsentratsioonid õliteshas 3 saasteallikast nr 1

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
21.09.2016	OM604	Filter	12.268	243.971	0.784	43.566	644.779	344.173	5968.564	1320.055	740.625	801.617
	OM594	Lahus		28.754	2.875	1.046	26.140	20.389	60.383	192.127	26.140	153.701
21.09.2016	OM605	Filter	4.038	124.475	0.299	49.790	413.256	179.244	1872.100	692.080	298.739	388.361
	OM595	Lahus		3.660	2.962	1.046	26.140	24.833	62.212	384.254	26.140	170.692
21.09.2016	OM606	Filter	16.994	396.223	9.410	66.037	1095.116	533.800	10070.662	1711.462	1243.699	434.744
	OM596	Lahus		4.967	2.719	1.046	26.140	21.435	65.872	418.235	26.140	65.872
21.09.2016	OM607	Filter	11.810	323.634	0.498	59.748	876.302	428.193	9111.552	1872.100	995.798	866.344
	OM597	Lahus		4.444	3.346	1.046	26.140	16.468	41.824	878.294	26.140	148.212
22.09.2016	OM608	Filter	12.061	307.526	0.800	166.064	781.116	350.579	8979.755	3222.871	959.481	147.612
	OM598	Lahus		17.252	1.394	2.875	42.608	46.006	271.853	1218.110	35.550	271.853
22.09.2016	OM609	Filter	13.119	369.031	0.923	190.666	873.373	399.784	11193.941	3690.310	1082.491	178.365
	OM599	Lahus		4.967	2.091	1.046	26.140	12.808	55.939	671.790	26.140	52.279
22.09.2016	OM610	Filter	12.030	302.670	2.201	154.087	704.396	302.670	10070.662	2680.007	803.452	214.621
	OM600	Lahus		8.713	1.673	1.394	34.853	21.260	69.009	317.510	34.853	69.706
22.09.2016	OM611	Filter	1.969	57.596	0.142	23.924	130.255	59.368	1541.799	487.350	150.636	32.785
	OM601	Lahus		2.614	0.091	1.046	26.140	21.173	36.857	162.328	26.140	52.279

Tabel 8 Osakeste ja raskmetallide kontsentratsioonid õlitehas 3 saasteallikast nr 2

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
21.09.2016	OM602	Filter	9.611	200.404	0.203	36.305	487.941	249.779	7609.556	772.573	554.742	214.926
	OM592	Lahus		2.207	4.556	0.465	11.618	18.007	24.397	268.368	11.618	53.674
21.09.2016	OM603	Filter	6.984	165.551	0.479	43.566	413.879	217.831	4661.579	670.919	453.088	161.195
	OM593	Lahus		3.398	4.531	1.046	26.140	32.413	45.483	274.467	26.140	98.808

3.6 Tolmpõletuskatla elektriiaam

Raskmetallide ning osakeste mõõtmised teostati ilma väävliärastuseta tolmpõletuskatlast (nr1), 11.10, , väävliärastusega tolmpõletuskatlast (nr2)18.10 ning keevkihtkatlast (nr3), 20.10.2016. Mõõtepunktid (Joonis 8 kuni Joonis 10) asusid plokkide suitsukäikudel peale puhastusseadet.

1. blokist eralduvate raskmetallide ning osakeste kontsentratsioonid on esitatud Tabel 9, 5. blokist Tabel 10 ning 8. blokist Tabel 11.



Joonis 8 **Nr 1 proovivõtukoht**



Joonis 9 Nr 2 proovivõtukoht



Joonis 10 Nr 3 proovivõtukoht

Tabel 9 Osakeste ning raskmetallide kontsentratsioonid elektrijaama saasteallikast nr 1

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
11.10.2016	OM645	Filter	0.113	7.711	0.010	2.029	8.116	2.131	11.667	18.160	11.160	13.189
	OM651	Lahus		0.096	2.303	0.038	0.959	2.578	0.575	27.892	0.959	1.917
11.10.2016	OM646	Filter	0.123	5.766	0.006	2.097	7.653	2.411	13.105	14.992	12.790	12.790
	OM652	Lahus		0.101	3.254	0.040	1.006	0.362	0.201	10.064	1.006	2.013
11.10.2016	OM647	Filter	0.081	5.135	0.004	2.054	6.367	2.054	11.810	10.886	10.886	10.475
	OM653	Lahus		0.091	3.554	0.037	0.915	0.183	1.208	4.227	0.915	4.026
11.10.2016	OM648	Filter	0.095	4.943	0.003	1.977	7.217	1.977	13.347	11.468	12.160	10.183
	OM654	Lahus		0.083	3.844	0.033	0.832	0.166	0.166	5.124	0.832	1.664
11.10.2016	OM649	Filter	0.105	5.275	0.011	2.110	8.229	2.215	11.921	11.288	12.765	12.027
	OM655	Lahus		0.091	4.265	0.037	0.915	0.183	0.183	73.652	0.915	2.525
11.10.2016	OM650	Filter	0.122	5.692	0.003	2.277	8.880	2.505	13.890	12.410	14.800	11.271
	OM656	Lahus		0.104	4.123	0.042	1.038	0.208	0.208	9.224	1.038	2.075

Tabel 10 Osakeste ning raskmetallide kontsentratsioonid elektrijaama saasteallikast nr 2

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
18.10.2016	OM677	Filter	0.007	0.563	0.005	0.023	2.882	0.556	1.029	1.922	0.480	3.569
	OM668	Lahus		0.078	3.107	0.031	1.689	1.759	1.759	19.375	0.778	14.629
18.10.2016	OM678	Filter	0.007	0.198	0.003	0.016	2.759	1.061	0.849	1.273	0.410	1.627
	OM669	Lahus		0.289	2.959	0.553	2.091	0.570	1.292	26.692	0.850	7.804
18.10.2016	OM679	Filter	0.006	0.198	0.003	0.020	2.551	0.957	0.893	1.020	0.389	0.765
	OM670	Lahus		0.075	2.977	0.030	0.755	0.310	0.151	9.210	0.755	2.733

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
18.10.2016	OM680	Filter	0.006	0.190	0.003	0.013	4.012	1.373	0.802	1.584	0.380	1.584
	OM671	Lahus		0.115	3.103	0.046	1.150	0.437	0.230	5.920	1.150	3.092
18.10.2016	OM681	Filter	0.006	0.200	0.003	0.010	3.032	1.331	0.813	1.183	0.370	1.183
	OM672	Lahus		0.080	2.733	0.032	0.803	0.225	0.161	3.356	0.803	1.606
18.10.2016	OM682	Filter	0.005	0.194	0.003	0.011	3.017	0.453	0.711	1.293	0.352	0.790
	OM673	Lahus		0.082	2.964	0.033	0.816	0.163	0.163	2.447	0.816	3.206

Tabel 11 Osakeste ning raskmetallide kontsentratsioonid elektrijaama saasteallikast nr 3

Kuupäev	OM nr	Proovi tüüp	PMsum, g/Nm ³	As, µg/Nm ³	Hg, µg/Nm ³	Cd, µg/Nm ³	Cr, µg/Nm ³	Ni, µg/Nm ³	Pb, µg/Nm ³	Zn, µg/Nm ³	V, µg/Nm ³	Cu, µg/Nm ³
20.10.2016	OM683	Filter	0.016	0.757	0.003	0.021	4.523	0.905	1.316	1.234	1.398	0.987
	OM689	Lahus		0.069	4.335	0.027	0.686	0.487	0.425	239.373	0.686	8.848
20.10.2016	OM684	Filter	0.016	0.572	0.002	0.006	4.556	1.939	1.163	0.969	1.066	0.969
	OM690	Lahus		0.077	2.838	0.031	0.885	0.223	0.154	128.532	0.770	153.931
20.10.2016	OM685	Filter	0.033	0.955	0.003	0.013	5.156	2.291	2.101	1.719	2.101	1.528
	OM691	Lahus		0.083	3.197	0.033	0.826	0.223	0.165	278.507	0.826	1.653
20.10.2016	OM686	Filter	0.021	0.661	0.008	0.010	4.834	1.480	1.480	1.480	1.381	1.283
	OM692	Lahus		0.081	3.870	0.033	0.813	0.480	0.163	17.807	0.813	1.626
20.10.2016	OM687	Filter	0.032	0.956	0.013	0.024	5.302	1.825	2.781	2.694	2.173	3.477
	OM693	Lahus		0.080	2.555	0.032	0.800	0.216	0.160	678.565	0.800	1.600
20.10.2016	OM688	Filter	0.014	0.530	0.002	0.010	4.040	0.749	1.178	2.357	1.094	3.703
	OM694	Lahus		0.082	2.784	0.033	0.820	0.164	0.164	14.099	0.820	1.639

4 Saasteainete eriheidete arvutamine

Saasteainete eriheidete leidmiseks kasutati keskkonnaministri 02.08.2004 määruse nr 99 „Põletusseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramise kord ja määramismeetodid“ § 3 toodud eriheidete arvutamise metoodikat:

$$q_i = c_i \times \alpha \times 0,25 \times k, \text{ mg/MJ} \quad \text{Valem 1}$$

kus:

c_i – i-nda saasteaine kontsentratsioon kuivades suitsugaasides, mg/Nm³;

α – liigõhutegur $\alpha = CO_{2max}/CO_{2\approx} 20,9/(20,9 - O_2)$;

Q_i^r – kütuse alumine kütteväärtus, MJ/kg;

0,25 – kütuse kuivaine stõhhiomeetrilisel põlemisel tekkiv ligikaudne kogus kuivi suitsugaase energiaühiku kohta, Nm³/MJ;

k – kütuse niiskusest tulenev parandustegur

Õlitööstuse puhul tuleb vastava saasteaine eriheidete leida saasteaine kontsentratsiooni ja konkreetse mahtkulu korrutamisel. TTÜ Energiatehnoloogia Instituudi sõnul on antud käitiste puhul korrektne esitada kg/a (kilogrammi aasta kohta) või siis t/a (tonni aasta kohta), sest ei ole üheselt tehtud kindlaks toorme jaotumist milline osa sisenevast põlevkivist võtab osa õlitootmise ja milline osa järel põlemise protsessist. Alljärgnevalt on toodud leitud eriheidete (põletusprotsessid) ja normaliseeritud kontsentratsioonid (õlitööstus), millest võiks kasutada 95% usaldusvahemiku ülemist otsa (95% CI UB).

4.1 Sisendandmete töötlemine ja eriheidete leidmine

Eriheidete leidmiseks teostati järgmised arvutuskäigud:

1. Leitakse mõõdetud saasteaine koguse (ng või mg proovis) põhjal saasteaine kontsentratsioon normaliseeritud kujul (ng või mg/Nm³).

1.1. Selleks jagatakse saasteaine kogus proovis proovi võtmiseks kulunud normaliseeritud mahuga (V, Nm³):

$$c_i = \frac{\text{ng proovis}}{V (\text{Nm}^3)}, \text{ ng/Nm}^3 \quad \text{Valem 2}$$

1.2. Normaliseeritud õhu kogus V_{norm} , Nm^3 leitakse järgmiste valemite kaudu:

$$V_{norm} = \frac{(V_{proov} (m^3) \times 273 \times P(\delta_{hus}, kPa))}{(273 + T(\text{gaasikellas}, ^\circ C) \times 101,325)} Nm^3$$

Valem 3

1.3. Leitakse eriheidete qi järgmiste arvutuste kaudu:

1.3.1. Leitakse liigõhutegur α :

$$\alpha = \frac{20.9}{(20.9 - O_2 (\text{suutsugaasides}))}$$

Valem 4

4.2 Eriheidet

Mõõtmiste põhjal arvatud erinevate saasteainete eriheidet ja normaliseeritud kontsentratsioonid on toodud Tabel 12 kuni Tabel 40.

Tabel 12 Osakeste ning raskmetallide eriheidet, väävlärastusega soojuselektrijaamast

Kuupäev	PM-sum, g/GJ	As, mg/GJ	Hg, mg/GJ	Cd, mg/GJ	Cr, mg/GJ	Ni, mg/GJ	Pb, mg/GJ	Zn, mg/GJ	V, mg/GJ	Cu, mg/GJ
18.07.2016	14.592	0.985	0.046	0.356	5.308	4.768	6.611	14.416	0.513	11.709
18.07.2016	0.314	0.079	0.056	0.477	1.658	2.389	10.654	67.791	0.546	22.134
18.07.2016	1.484	0.117	0.027	0.272	1.804	1.494	4.632	37.233	0.470	5.786
18.07.2016	0.948	0.131	0.036	0.218	1.987	1.632	9.451	643.980	0.729	21.952
18.07.2016	3.108	0.383	0.047	0.109	2.024	0.540	2.569	22.600	0.518	5.827
19.07.2016	3.242	0.199	0.035	0.056	2.019	0.546	1.649	34.807	0.606	9.612
19.07.2016	8.814	0.489	0.066	0.085	7.727	3.917	3.617	24.334	0.600	6.798
19.07.2016	38.675	2.637	0.093	0.088	15.487	5.086	6.235	28.924	1.026	23.634
19.07.2016	16.386	1.217	0.116	0.068	11.631	6.782	2.978	25.107	0.677	9.446
19.07.2016	4.641	0.433	0.095	0.055	9.802	3.854	2.431	23.481	0.557	12.376
Keskmine	9.220	0.667	0.062	0.178	5.945	3.101	5.083	92.267	0.624	12.927
Standard- hälve	11.783	0.789	0.030	0.147	4.987	2.104	3.086	194.394	0.161	7.029

Tabel 13 Osakeste ning raskmetallide eriheidet, tsemenditehasest, 3. ahi

Kuupäev	PM-sum, g/GJ	As, mg/GJ	Hg, mg/GJ	Cd, mg/GJ	Cr, mg/GJ	Ni, mg/GJ	Pb, mg/GJ	Zn, mg/GJ	V, mg/GJ	Cu, mg/GJ
26.07.2016	18.159	0.416	18.121	1.058	4.879	1.964	610.927	123.872	0.855	35.434
26.07.2016	5.296	0.146	17.321	0.319	2.272	0.876	159.503	25.048	0.572	26.303
26.07.2016	2.993	0.091	13.212	0.160	1.240	0.312	75.255	13.398	0.489	4.493
26.07.2016	2.267	0.065	13.593	0.105	1.210	0.353	58.660	91.662	0.394	7.788
26.07.2016	2.721	0.078	32.365	0.099	1.305	0.273	61.904	16.209	0.414	2.067
26.07.2016	2.033	0.044	33.018	0.081	0.907	0.156	53.662	7.215	0.147	2.290
26.07.2016	1.546	0.056	24.121	0.067	1.122	0.194	37.282	19.322	0.410	1.520
27.07.2016	4.711	0.115	7.738	0.137	1.459	0.215	79.518	12.996	0.507	2.727
27.07.2016	1.846	0.067	9.596	0.054	1.202	0.620	26.953	72.341	0.402	3.257
27.07.2016	2.835	0.111	7.930	0.176	1.610	0.256	38.013	7.221	0.588	2.654
Keskmine	4.441	0.119	17.701	0.226	1.721	0.522	120.168	38.929	0.478	8.853
Standard- hälve	4.970	0.109	9.361	0.302	1.170	0.553	176.374	41.555	0.181	11.932

Tabel 14 Osakeste ning raskmetallide eriheidet, elektrijaama saasteallikast nr 1

Kuupäev	PM-sum, g/GJ	As, mg/GJ	Hg, mg/GJ	Cd, mg/GJ	Cr, mg/GJ	Ni, mg/GJ	Pb, mg/GJ	Zn, mg/GJ	V, mg/GJ	Cu, mg/GJ
11.10.2016	41.789	2.892	0.857	0.766	3.361	1.744	4.535	17.059	4.489	5.596
11.10.2016	45.668	2.173	1.207	0.792	3.208	1.027	4.929	9.281	5.110	5.483
11.10.2016	30.128	1.936	1.318	0.774	2.697	0.829	4.822	5.598	4.371	5.371
11.10.2016	35.302	1.862	1.425	0.745	2.981	0.794	5.005	6.146	4.812	4.388
11.10.2016	38.921	1.988	1.584	0.795	3.387	0.888	4.484	31.463	5.067	5.390
11.10.2016	45.292	2.147	1.529	0.859	3.674	1.005	5.222	8.013	5.867	4.944
Keskmine	39.517	2.166	1.320	0.788	3.218	1.048	4.833	12.927	4.953	5.195
Standard- hälve	6.043	0.375	0.265	0.039	0.342	0.354	0.283	9.978	0.538	0.453

Tabel 15 Osakeste ning raskmetallide eriheited

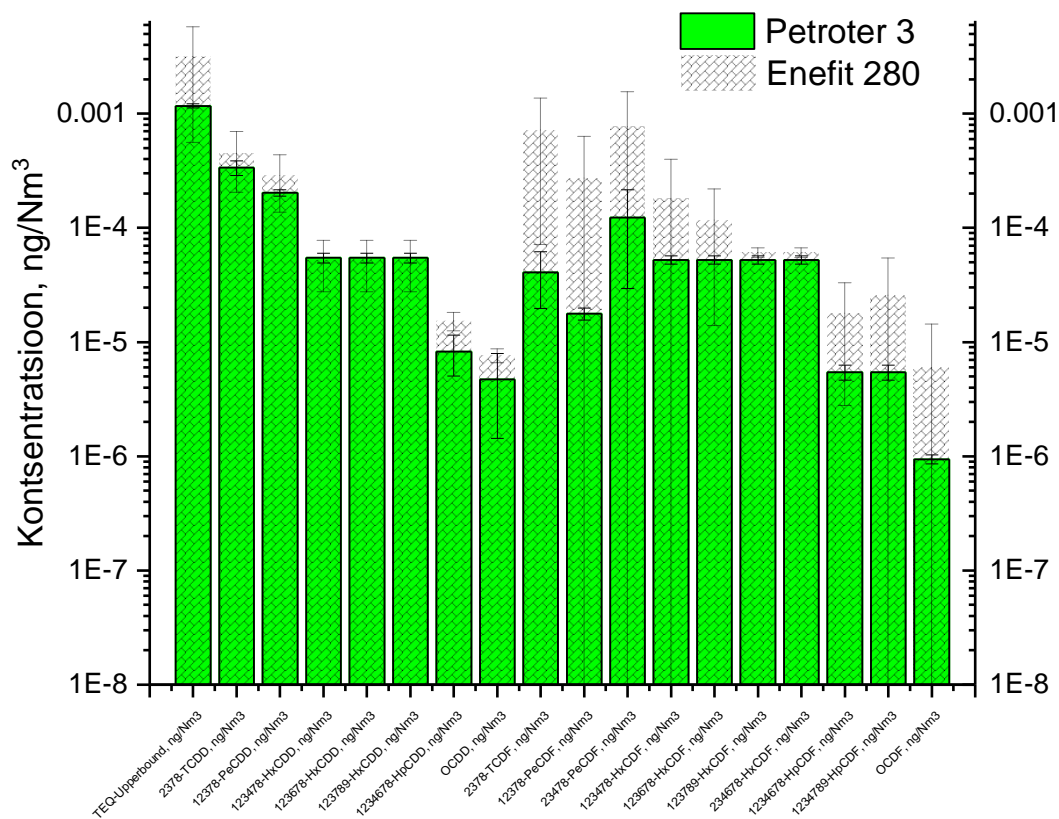
elektrijaama saasteallikast nr 2

Kuupäev	PM-sum, g/GJ	As, mg/GJ	Hg, mg/GJ	Cd, mg/GJ	Cr, mg/GJ	Ni, mg/GJ	Pb, mg/GJ	Zn, mg/GJ	V, mg/GJ	Cu, mg/GJ
18.10.2016	2.622	0.245	1.189	0.021	1.747	0.884	1.065	8.138	0.481	6.954
18.10.2016	2.541	0.186	1.132	0.217	1.853	0.623	0.818	10.686	0.482	3.604
18.10.2016	2.437	0.104	1.138	0.019	1.263	0.484	0.399	3.909	0.437	1.337
18.10.2016	2.260	0.117	1.187	0.022	1.973	0.691	0.395	2.867	0.585	1.787
18.10.2016	2.260	0.107	1.046	0.016	1.465	0.595	0.372	1.734	0.448	1.066
18.10.2016	2.086	0.105	1.134	0.017	1.465	0.235	0.334	1.429	0.446	1.527
Keskmine	2.368	0.144	1.138	0.052	1.628	0.585	0.564	4.794	0.480	2.712
Standard- hälve	0.201	0.059	0.052	0.081	0.272	0.217	0.304	3.770	0.055	2.265

Tabel 16 Osakeste ning raskmetallide eriheited

elektrijaama saasteallikast nr 3

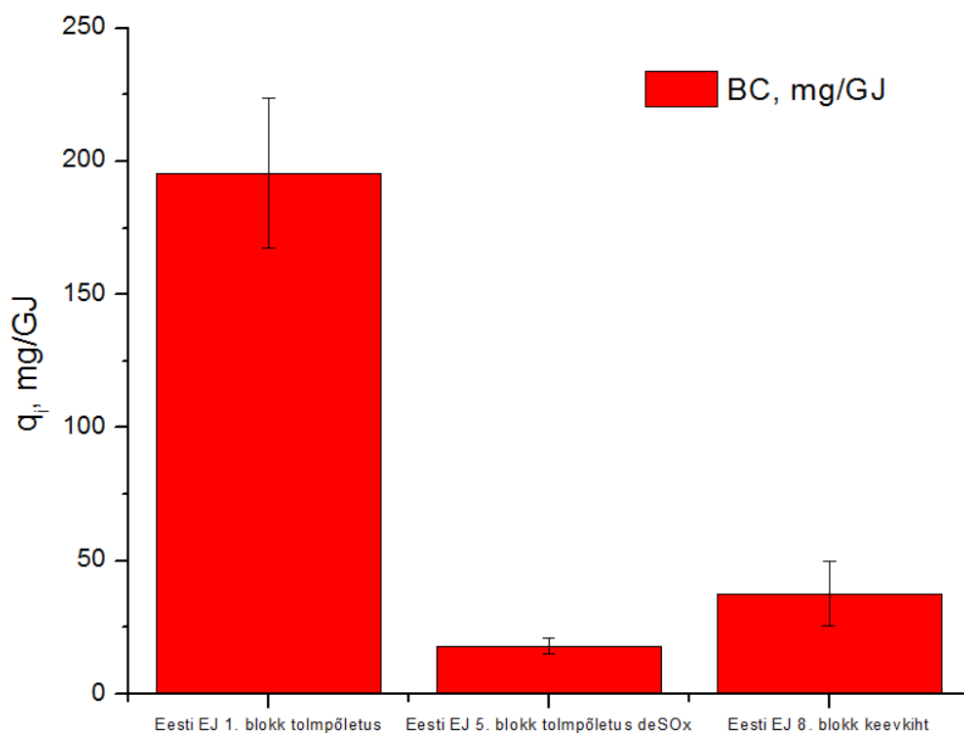
Kuupäev	PM-sum, g/GJ	As, mg/GJ	Hg, mg/GJ	Cd, mg/GJ	Cr, mg/GJ	Ni, mg/GJ	Pb, mg/GJ	Zn, mg/GJ	V, mg/GJ	Cu, mg/GJ
20.10.2016	5.116	0.267	1.405	0.016	1.688	0.451	0.564	77.952	0.675	3.186
20.10.2016	5.214	0.210	0.920	0.012	1.763	0.700	0.427	41.956	0.595	50.185
20.10.2016	10.765	0.336	1.037	0.015	1.938	0.815	0.734	90.789	0.948	1.030
20.10.2016	6.776	0.240	1.256	0.014	1.830	0.635	0.532	6.249	0.711	0.942
20.10.2016	10.419	0.336	0.832	0.018	1.977	0.661	0.953	220.717	0.963	1.645
20.10.2016	4.581	0.198	0.903	0.014	1.574	0.296	0.435	5.331	0.620	1.731
Keskmine	7.145	0.265	1.059	0.015	1.795	0.593	0.607	73.832	0.752	9.787
Standard- hälve	2.771	0.060	0.226	0.002	0.152	0.187	0.203	80.194	0.163	19.807



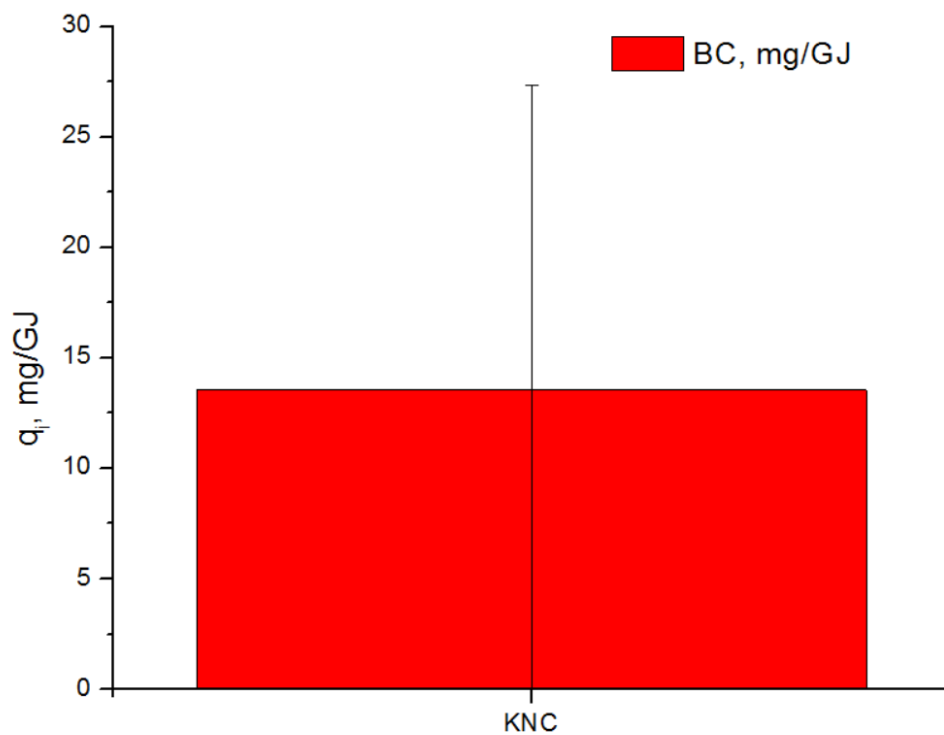
Joonis 11 Ölitehaste 1 ja 2 PCDD/F homologide kontsentratsioonid, ng/Nm³

Tabel 17 Tahma (BC) eriheidid

Ettevõtte	Saasteallikas	Eriheide, mg/GJ	Standardhälve
soojuselektrijaam	deSOx	144.284	202.982
tsemenditehas	3. ahi	13.542	13.769
Elektrijaam	nr 1	195.449	28.071
Elektrijaam	nr 2	18.023	2.973
Elektrijaam	nr 3	37.661	11.979



Joonis 12 BC eriheited elektrijaama saastallikatest



Joonis 13 BC eriheide tsemenditehasest

Tabel 18 PM-sum eriheid (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, g/GJ
PM-sum, g/GJ	ej nr 1	Keskmine	39.517
PM-sum, g/GJ	ej nr 1	95% CI UB	45.859
PM-sum, g/GJ	ej nr 1	Mediaan	40.355
PM-sum, g/GJ	ej nr 2	Keskmine	2.368
PM-sum, g/GJ	ej nr 2	95% CI UB	2.579
PM-sum, g/GJ	ej nr 2	Mediaan	2.349
PM-sum, g/GJ	ej nr 3	Keskmine	7.145
PM-sum, g/GJ	ej nr 3	95% CI UB	10.053
PM-sum, g/GJ	ej nr 3	Mediaan	5.995
PM-sum, g/GJ	tsemenditehas	Keskmine	4.441
PM-sum, g/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	7.996
PM-sum, g/GJ	tsemenditehas	Mediaan	2.778
PM-sum, g/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	9.220
PM-sum, g/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	17.650
PM-sum, g/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	3.941

Tabel 19 As eriheid (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
As, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	2.1662
As, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	2.5600
As, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	2.0674
As, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	.1440
As, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	.2054

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
As, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	.1118
As, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	.2647
As, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	.3278
As, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	.2539
As, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	.1190
As, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	.1967
As, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	.0845
As, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	.6670
As, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	1.2316
As, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	.4080

Tabel 20 Cd eriheidet (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Cd, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	.7884
Cd, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	.8294
Cd, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	.7830
Cd, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	.0521
Cd, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	.1370
Cd, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	.0201
Cd, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	.0148
Cd, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	.0170
Cd, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	.0145
Cd, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	.2257
Cd, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	.4420

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Cd, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	.1212
Cd, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	.1784
Cd, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	.2837
Cd, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	.0984

Tabel 21 Cr eriheidet (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Cr, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	3.2181
Cr, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	3.5767
Cr, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	3.2845
Cr, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	1.6276
Cr, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	1.9130
Cr, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	1.6060
Cr, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	1.7950
Cr, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	1.9548
Cr, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	1.7963
Cr, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	1.7205
Cr, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	2.5573
Cr, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	1.2721
Cr, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	5.9448
Cr, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	9.5122
Cr, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	3.6658

Tabel 22 Cu eriheidet (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Cu, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	5.1953
Cu, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	5.6709
Cu, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	5.3807
Cu, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	2.7123
Cu, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	5.0891
Cu, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	1.6570
Cu, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	9.7867
Cu, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	30.5733
Cu, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	1.6879
Cu, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	8.8533
Cu, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	17.3890
Cu, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	2.9918
Cu, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	12.9274
Cu, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	17.9560
Cu, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	10.6607

Tabel 23 Hg eriheidet (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Hg, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	1.3198
Hg, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	1.5980
Hg, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	1.3712
Hg, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	1.1375
Hg, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	1.1923

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Hg, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	1.1361
Hg, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	1.0588
Hg, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	1.2957
Hg, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	.9784
Hg, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	17.7012
Hg, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	24.3976
Hg, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	15.4569
Hg, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	.0619
Hg, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	.0835
Hg, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	.0515

Tabel 24 Ni eriheid (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Ni, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	1.0479
Ni, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	1.4190
Ni, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	.9465
Ni, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	.5854
Ni, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	.8130
Ni, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	.6088
Ni, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	.5930
Ni, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	.7897
Ni, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	.6481
Ni, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	.5219
Ni, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	.9177

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Ni, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	.2926
Ni, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	3.1009
Ni, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	4.6058
Ni, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	3.1213

Tabel 25 Pb eriheidet (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Pb, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	4.8327
Pb, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	5.1300
Pb, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	4.8753
Pb, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	.5639
Pb, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	.8827
Pb, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	.3967
Pb, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	.6075
Pb, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	.8202
Pb, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	.5481
Pb, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	120.1677
Pb, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	246.3383
Pb, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	60.2817
Pb, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	5.0828
Pb, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	7.2903
Pb, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	4.1248

Tabel 26 V eriheid (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
V, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	4.9528
V, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	5.5172
V, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	4.9398
V, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	.4797
V, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	.5371
V, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	.4645
V, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	.7521
V, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	.9231
V, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	.6930
V, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	.4777
V, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	.6073
V, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	.4514
V, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	.6241
V, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	.7395
V, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	.5787

Tabel 27 Zn eriheid (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Zn, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	12.9267
Zn, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	23.3979
Zn, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	8.6472
Zn, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	4.7941
Zn, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	8.7508

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
Zn, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	3.3883
Zn, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	73.8324
Zn, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	157.9911
Zn, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	59.9544
Zn, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	38.9285
Zn, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	68.6551
Zn, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	17.7657
Zn, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	92.2673
Zn, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	231.3281
Zn, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	27.0153

Tabel 28 BC eriheidet (keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
BC, mg/GJ	ej nr 1	Keskmine	195.4490
BC, mg/GJ	ej nr 1	95% CI UB	240.1157
BC, mg/GJ	ej nr 1	Mediaan	190.0530
BC, mg/GJ	ej nr 2	Keskmine	18.0235
BC, mg/GJ	ej nr 2	95% CI UB	21.1442
BC, mg/GJ	ej nr 2	Mediaan	17.7210
BC, mg/GJ	ej nr 3	Keskmine	37.6615
BC, mg/GJ	ej nr 3	95% CI UB	50.2329
BC, mg/GJ	ej nr 3	Mediaan	35.0675
BC, mg/GJ	tsemenditehas	Keskmine	13.5420
BC, mg/GJ	tsemenditehas	95% CI UB	23.3916

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, mg/GJ
BC, mg/GJ	tsemenditehas	Mediaan	11.3735
BC, mg/GJ	SEJdeSOx	Keskmine	144.2841
BC, mg/GJ	SEJdeSOx	95% CI UB	289.4884
BC, mg/GJ	SEJdeSOx	Mediaan	65.1050

Tabel 29 PM-sum kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, g/Nm ³
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.02680
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.03730
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.02319
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	8.66927
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	11.45368
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	10.24327
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.00416
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.00537
PM-sum, g/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.00420

Tabel 30 As kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Arseen (As), µg/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	1.41366
Arseen (As), µg/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	1.93305
Arseen (As), µg/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	1.29607
Arseen (As), µg/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	221.02643
Arseen (As), µg/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	290.02182

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Arseen (As), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	250.97278
Arseen (As), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.71938
Arseen (As), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	1.25254
Arseen (As), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.29939

Tabel 31 Hg kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.35578
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.74416
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.13498
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	3.60727
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	5.51206
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	3.22395
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.44252
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.60000
Elavhõbe (Hg), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.38785

Tabel 32 Cd kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.05816
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.07032
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.05823
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	72.68335
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	v	95% CI UB	110.83496

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	47.96347
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.13151
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.21088
Kaadmium (Cd), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.06474

Tabel 33 Cr kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	6.70563
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	7.66911
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	6.89878
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	575.10901
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	751.10222
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	605.90507
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	8.03857
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	11.20695
Kroom (Cr), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	5.95934

Tabel 34 Ni kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	3.55656
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	5.28638
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	2.33422
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	283.59974
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	366.75478

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	295.82354
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	3.02551
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	4.77716
Nikkel (Ni), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	1.71524

Tabel 35 Pb kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	2.87754
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	3.92854
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	2.48727
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	6171.24630
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	8308.50958
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	7212.99046
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	2.32320
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	3.26040
Plii (Pb), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	1.86472

Tabel 36 Zn kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	191.50522
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	410.79415
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	66.83886
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	1882.39673
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	2744.39719

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	1564.80157
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	40.32703
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	67.44633
Tsink (Zn), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	19.00162

Tabel 37 V kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	2.65005
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	3.37394
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	2.56232
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	648.60641
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	869.02103
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	689.64805
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	2.25976
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	3.65826
Vanaadium (V), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	1.25803

Tabel 38 Cu kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	7.43224
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	10.33497
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	5.49367
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	393.37453
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	584.12920

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	302.39734
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	7.40579
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	11.62998
Vask (Cu), ug/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	4.90352

Tabel 39 PCDD/F kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0031624
I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0096300
I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0018594
I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0011688
I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0012915
I-TEQ-Upperbound, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0011973
2378-TCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0004499
2378-TCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0010598
2378-TCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0003132
2378-TCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0003364
2378-TCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0004590
2378-TCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0003079
12378-PeCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0002869
12378-PeCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0006585
12378-PeCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0002055
12378-PeCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0002024
12378-PeCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0002349

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
12378-PeCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0002053
123478-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000525
123478-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0001146
123478-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000411
123478-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000547
123478-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000680
123478-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000530
123678-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000525
123678-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0001146
123678-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000411
123678-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000547
123678-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000680
123678-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000530
123789-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000525
123789-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0001146
123789-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000411
123789-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000547
123789-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000680
123789-HxCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000530
1234678-HpCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000153
1234678-HpCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0000224
1234678-HpCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000137
1234678-HpCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000083
1234678-HpCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000163

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
1234678-HpCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000068
OCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000076
OCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0000103
OCDD, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000076
OCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000047
OCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000128
OCDD, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000058
2378-TCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0007205
2378-TCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0023336
2378-TCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0004110
2378-TCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000408
2378-TCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000932
2378-TCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000308
12378-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0002715
12378-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0011613
12378-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000851
12378-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000177
12378-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000230
12378-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000180
23478-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0007694
23478-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0027056
23478-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0004208
23478-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0001229
23478-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0003547

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
23478-PeCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0001539
123478-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0001816
123478-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0007165
123478-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000587
123478-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000525
123478-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000629
123478-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000505
123678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0001164
123678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0003709
123678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000587
123678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000525
123678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000629
123678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000505
123789-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000607
123789-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0000758
123789-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000587
123789-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000525
123789-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000629
123789-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000505
234678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000607
234678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0000758
234678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000587
234678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000525
234678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000629

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
234678-HxCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000505
1234678-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000179
1234678-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0000554
1234678-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000108
1234678-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000054
1234678-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000075
1234678-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000055
1234789-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000257
1234789-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0000967
1234789-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000108
1234789-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000054
1234789-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000075
1234789-HpCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000055
OCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	.0000059
OCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	.0000269
OCDF, ng/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	.0000012
OCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Keskmine	.0000009
OCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	95% CI UB	.0000012
OCDF, ng/Nm ³	õlitehas 1	Mediaan	.0000009

Tabel 40 BC kontsentratsioon (3% O₂, keskmine, 95% CI UB ja mediaanväärtus)

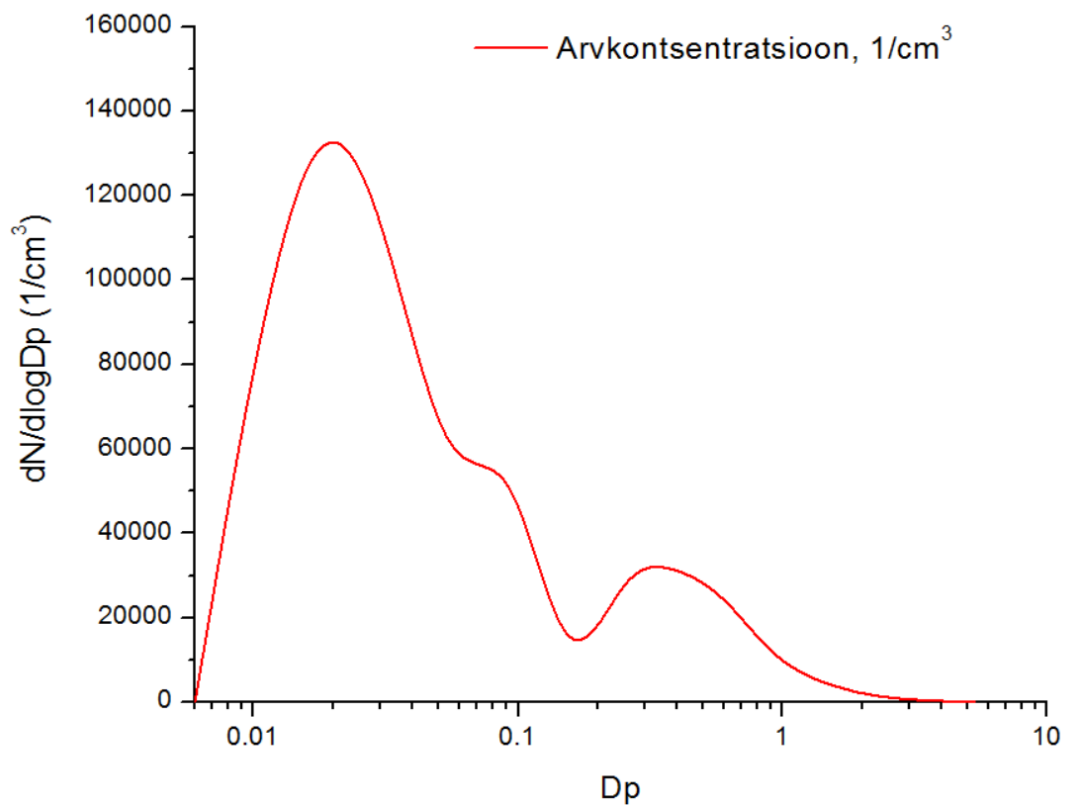
Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
BC, ug/Nm ³	õlitehas 2	Keskmine	138.60090
BC, ug/Nm ³	õlitehas 2	95% CI UB	198.40105

Saasteaine	Käitis	Statistiline parameeter	Tulem, µg/Nm ³
BC, ug/Nm ³	õlitehas 2	Mediaan	111.34800
BC, ug/Nm ³	õlitehas 3	Keskmine	12799.55460
BC, ug/Nm ³	õlitehas 3	95% CI UB	16761.48560
BC, ug/Nm ³	õlitehas 3	Mediaan	13513.32250

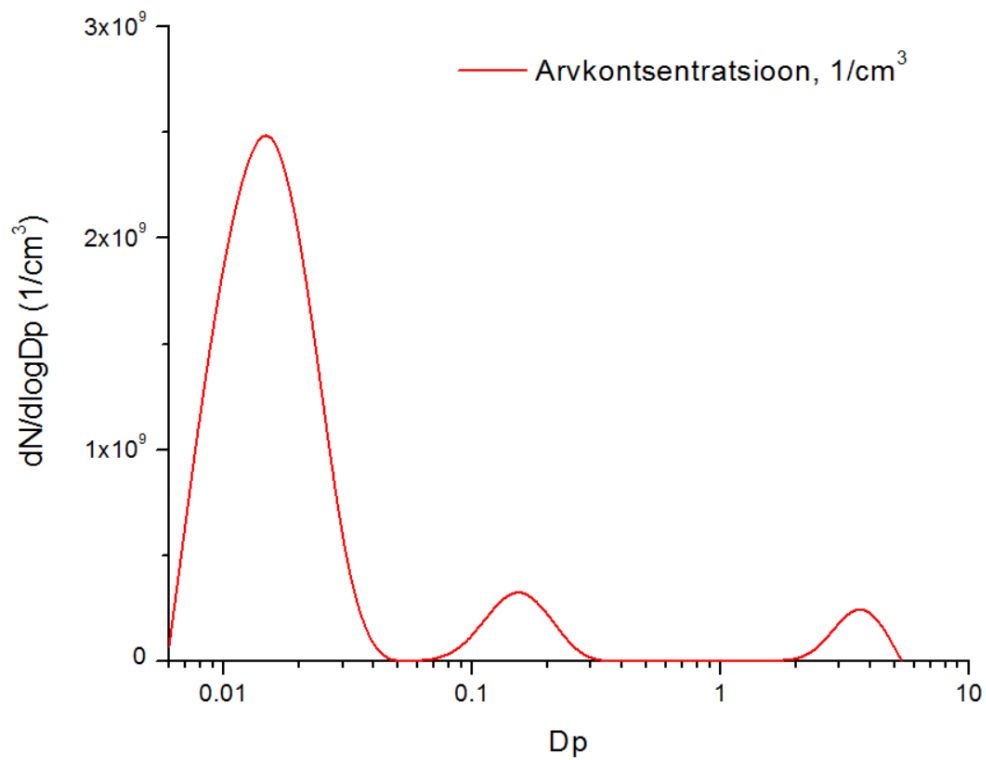
5 Osakeste suurusjaotus

ELPI+ võimaldab määrata osakeste suurusjaotust vahemikus 6 nm kuni 10 μm alates 1 Hz resolutsiooniga. Teave osakeste suurusjaotuse kohta on oluline, kuna see võimaldab hinnata ühest küljest püüdeseadmete efektiivsust ja samas annab teavet kütisest emiteeritavate osakeste domineerivast suurusel e. võimaldab hinnata osakeste tekkeprotsessi tagamaid.

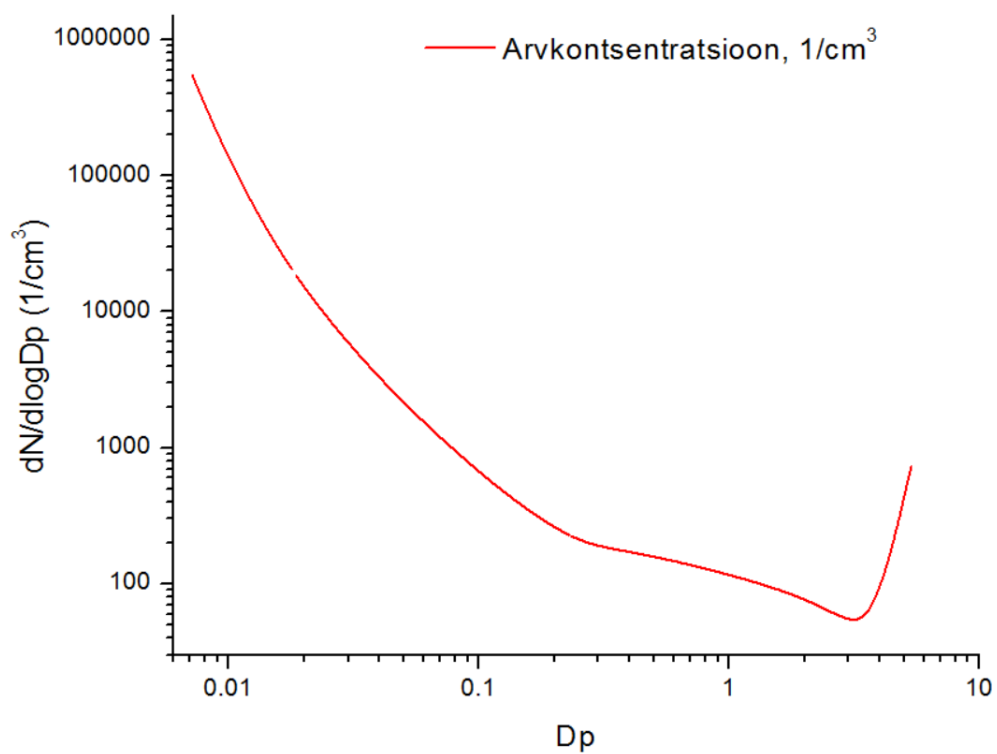
Mõningate kütiste puhul on selgelt eristatav bi- või trimodaalne suurusjaotus nagu nt Joonis 14, Joonis 15 ja Joonis 18. Osakesi suurusega kuni 0.02-0.04 μm loetakse primaarseteks (tekkinud vahetult termilise protsessi tagajärjel). Edasi toimub osakeste kondenseerumine ja koaguleerumine ning antud protsessi tagajärjel tekkivate osakeste iseloomulik suurusvahemik on 0.1 kuni 1 μm .



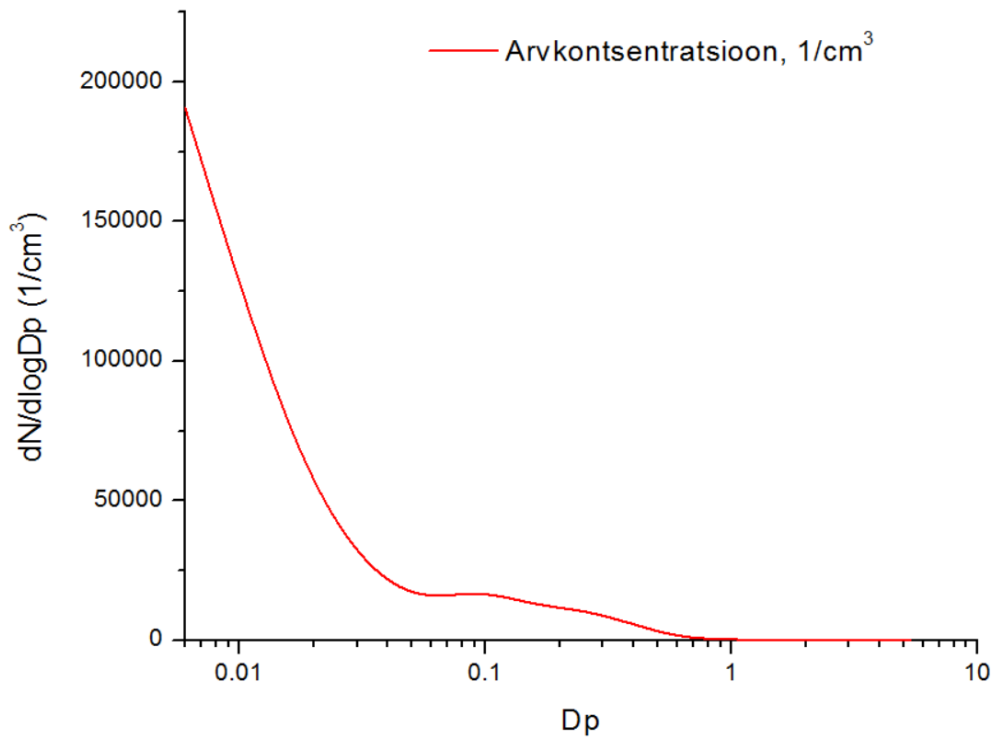
Joonis 14 tsemenditehase osakeste arvkontsentratsiooni suurusjaotus



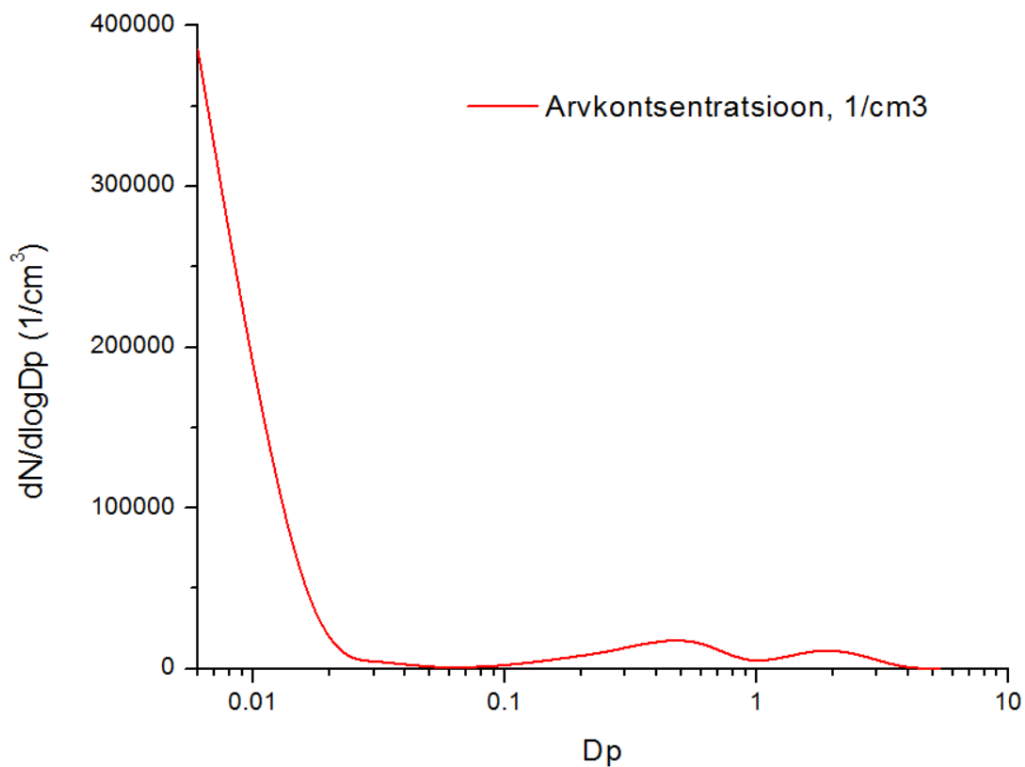
Joonis 15 Õliehas nr 3 osakeste arvkonsentratsiooni suurusjaotus



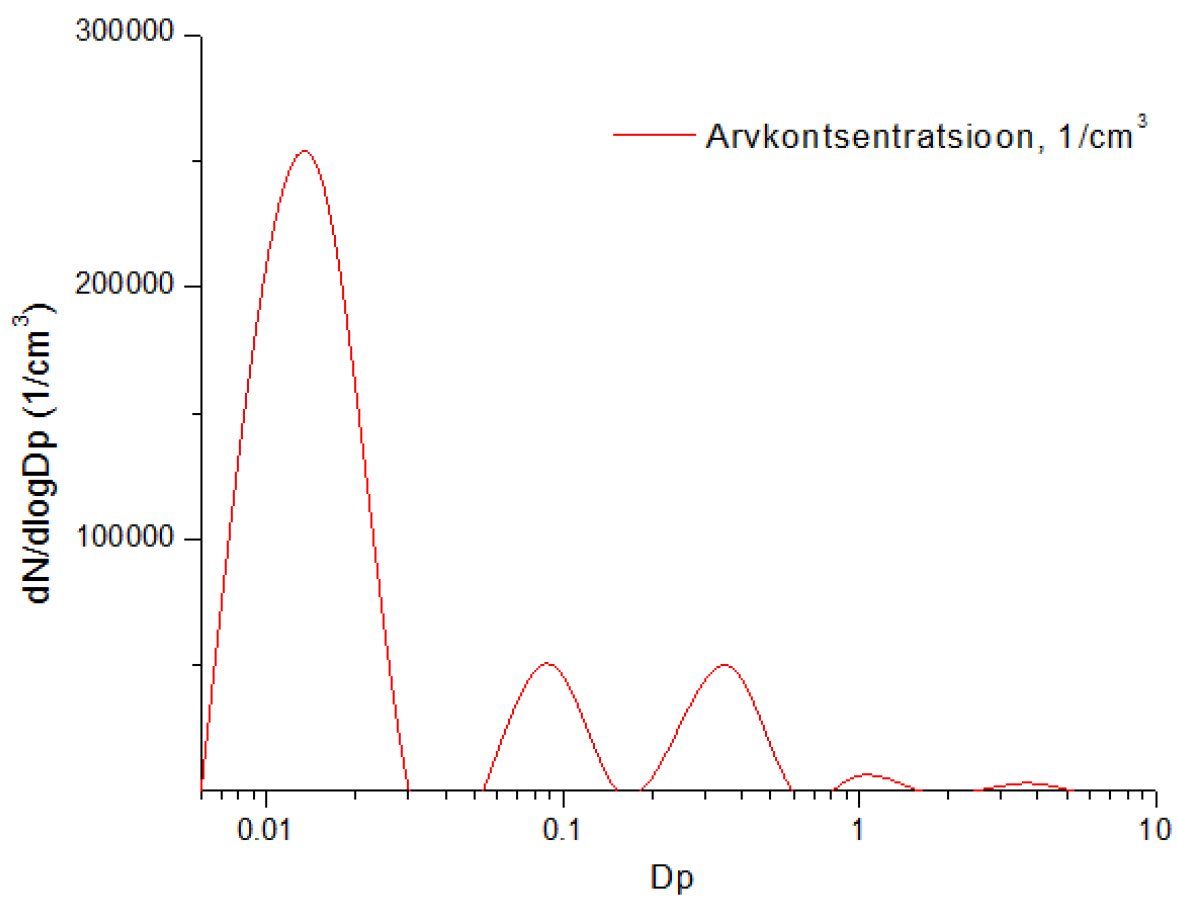
Joonis 16 Õlitehas nr 1 osakeste arvkonsentratsiooni suurusjaotus



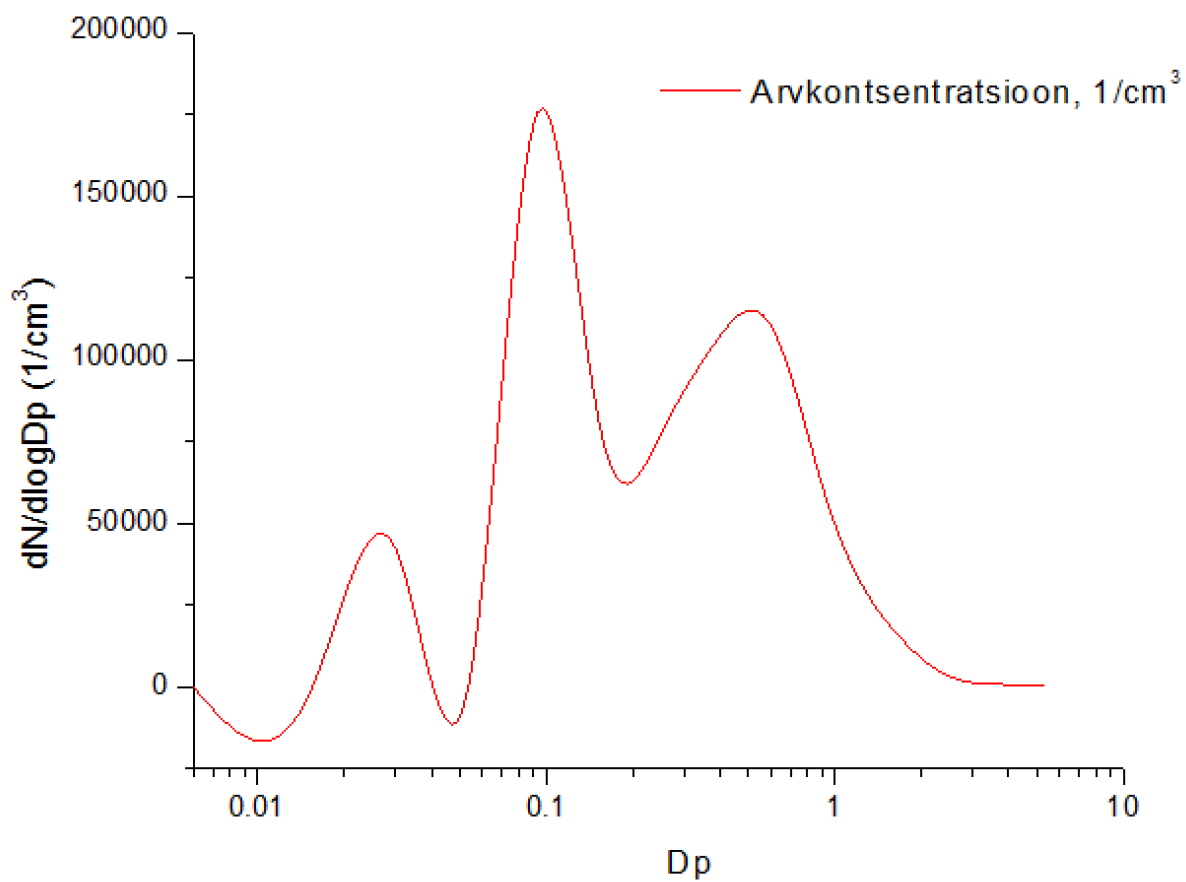
Joonis 17 Väevliärastusega SEJ osakeste arvkontsentratsiooni suurusjaotus



Joonis 18 Elektriijaama saasteallika nr 3 osakeste arvkontsentratsiooni suurusjaotus



Joonis 19 Elektriijaama saasteallika nr 3 osakeste arvkontsentratsiooni suurusjaotus



Joonis 20 **Õlitehas nr 2 osakeste arvkontsentratsiooni suurusjaotus**

6 Kokkuvõte

Töö raames mõõdeti põlevkivi termilisel töötlemisel tekkivate raskmetallide (elavhõbeda (Hg), arseeni (As), plii (Pb), kaadmiumi (Cd), kroomi (Cr), nikli (Ni), tsingi (Zn), vanaadiumi (V), vase (Cu)), tahma (BC, black carbon) ning peente osakeste (suurusjatus 40 nm – 10 mikromeetrit) ja õlitootmises tekkivate dioksiinide ning furaanide sisaldust väljuvates gaasides.

Mõõtetulemused annavad Keskkonnaministeeriumi Keskkonnaagentuuril võimaluse arvutuslikult hinnata saasteainete heitkoguseid vastavast sektorist ja koostada nende põhjal ajakohaseid heitkoguste andmebaase, mida kasutatakse omakorda välisõhu kvaliteedi arvutuslikul hindamisel ja direktiividest 2008/50/EÜ ja 2004/107/EÜ tulenevate kohustuste täitmisel. **Projekti raames leiti Eesti spetsiifilised eriheidet olulistele saasteainetele, mida võiks võtta aluseks riiklike heitkoguste aruandluse koostamisel. Eriheidetest (põletusprotsessid) ja normaliseeritud kontsentratsioonidest (õlitööstus) võiks kasutada 95% usaldusvahemiku ülemist otsa (95% CI UB).**

7 Lisa 1 – TTÜ Energiatehnoloogia Instituudi kiri

Energiatehnoloogia instituudi poolsed täiendavad kommentaarid projektile "Raskmetallide, püsivate saasteainete ja ülipeente osakeste eriheidete määramine põlevkivi termilisel töötlemisel".

EKUK teostas mõõtmised Keskkonnaministeeriumi tellitud projekti raames "Raskmetallide, püsivate saasteainete ja ülipeenete osakeste eriheidete määramine põlevkivi termilisel töötlemisel".

Tööd vajati atmosfääriõhu kaitse seaduse alusel kehtestatava keskkonnaministri määrusega „Põletusseadmetest välisõhku väljutatavate saasteainete heidete mõõtmise ja arvutusliku määramise meetodid“ määratavate uute eriheidete jaoks sisendi andmisena keskkonnakasutusega seotud väliste kulude hindamisel ning välisõhu saasteainete inventuuride täpsustamisel ja ajakohastamisel.

Selle töö üheks põhilisemaks eesmärgiks oli soov mõõtetulemusi kasutada vastava valdkonna eriheidete arvutamisel/kontrollimisel.

EKUK on mõõtmistel ära teinud suure ja tänuväärse töö. Mõõtmised kinnitavad teada tuntud tõsiasja, et põlevkivitööstuses kõiguvad emissioonid suurtes piirides. Sõltumata siis sellest, kas tegu on õlitööstuse või siis elektritootmisega. Kuidas sellist olukorda seletada on väga lihtne. Põlevkivi koostis kõigub väga suurtes piirides. Energiatootmise emissioonide näitajad, mis baseeruvad näiteks maagaasil, ei kõigu suurtes piirides. Vastus küsimusele, miks nad ei kõigu, on kasutatava kütuse kvaliteedis. Maagaasi koostis ja kütteväärtus kõiguvad väga väikestes piirides. Samas põlevkivi ei ole homogeenne kütus. Tema füüsikalised ja keemilised omadused kõiguvad väga suurtes piirides ja seda mõjutavad veel ka aastaajad, asukoht ja kaevandamise tehnoloogia. Kasutusel on allmaa ja pealmaa kaevandamine. Ning hetkel on aktiivses kasutuses Narva, Sirgala II (endine Viivikonna), Viru, Estonia ja Ojamaa kaevandused. Põlevkivi koostise suurte kõikumiste tõestuseks on välja toodud üks EE keevkihtplokkide hanke väljavõte (Tabel 1.1-1 ja 1.1-2):

Oil Shale

Oil shale is used as primary fuel for the plant. Values indicated as "reference" in the Tables 1.1-1 and 1.1-2 shall be used as reference fuels for the Performance Tests. The Facility and all auxiliary systems shall be designed in such a manner that for any Fuel Mix, the Guaranteed Performance Levels shall be fulfilled.

The ranges indicated in all the tables are daily averages.

Technical Analysis

Table 1.1-1

Technical Analysis	Unit	Reference	Range
Moisture content	%	10	up to 14
For dry fuel:			

- Ash content	%	51.4	50 – 54
- Volatile matter	%	26.6	22.5 – 32.5
Net Calorific Value (NCV), as received, (determined by GOST 147-95)	MJ/kg	8.00	7.00 – 9.00
Corresponding calcination rate	%	100	
Corresponding sulfation rate	%	40	

Technical Analysis	Unit	Reference	Range
Dry Oil Shale			
Organic part	%	28.8	25 – 33
Sandy-clay part	%	25.6	24 – 27
Carbonate part	%	45.6	35 – 50

Chemical analysis

Table 1.1-2

Chemical Analysis	Unit	Reference	Range
Dry Oil Shale Organic			
C (combustible)	%w	22.3	19 - 26
H	%	2.8	2.1 - 3.8
S	%	0.5	0.4 - 0.7
N	%	0.1	0.05 - 0.12
O	%	3.0	2.5 - 3.5
Cl	%	0.2	0.1 - 0.3
Dry Oil Shale Sandy-clay			
SiO ₂	%	15.3	14.5 - 16.5
CaO	%	0.18	0.15 - 0.23
Al ₂ O ₃	%	4.1	3.8 – 4.8
Fe ₂ O ₃	%	0.7	0.6 - 0.9
TiO	%	0.2	0.15 – 0.22
MgO	%	0.1	0.08 – 0.12
Na ₂ O	%	0.2	0.18 – 0.24
K ₂ O	%	1.6	1.4 - 2.0
FeS ₂	%	2.4	2.1 - 2.9
SO ₃ sulf	%	0.13	0.10 - 0.15
H ₂ O	%	0.7	0.6 - 0.8
Dry Oil Shale Carbonate			
CaO	%	22.0	18 – 23.5
MgO	%	3.0	2.8 - 3.4
FeO	%	0.1	0.08 – 0.12

CO ₂	%	20.6	15 - 23
-----------------	---	------	---------

Teiseks muutuvad ka tootmisüksuste koormused suurtes piirides, mis omakorda avaldavad mõju suitsugaasi mahtudele ja koostisele. Näide allpool tabelis 2-1:

Flue gas parameters at the inlet of ID fan are shown in the following Table 2-1. The figures are for one boiler and 24h average values after the boiler; range depends on boiler load.

Table 2-1

Item	Unit	Range
Flue gas flow per Boiler	Nm ³ /h, wet	340000 - 770000
H ₂ O	Vol. %	10 - 16
O ₂	Vol. % wet	3 - 14
CO ₂	Vol. % wet	11 - 18
NO _x	mg/ Nm ³ , dry at 6% O ₂	80 - 200
SO ₂	mg/ Nm ³ , dry at 6% O ₂	0 - 50
Temperature	°C	160 - 200

EKUKi mõõtmistulemused kõiguvad kaunis suurtes piirides. Seda saabki põhjendada erinevate koormuste ja põlevkivi koostise muutumisega ajas. Juhul kui saadud tulemusi kasutatakse lihtsalt kontrolliks kas lubatavaid heite piirväärtusi ületatakse, siis probleemi pole. Juhul kui saadud tulemusi soovitakse kasutada iga-aastasteks heitekoguste arvutamiseks, siis antud mõõtmistest ei piisa. Sellisel juhul on TTÜ Energiatehnoloogia instituudil järgnevad ettepanekud:

- Mõõtetulemuste ja standardhälvete suurte kõikumiste tõttu kasutada saadud suurusi indikaativsetena ja käsitleda neid kui esmaseid tulemusi, mis annavad aimu mõõtepiirkondadest ja kas lubatud heitnorme on ületatud.
- Korraldada pikemaajalised ja süstematiseeritud mõõtekampaaniad, kus lisaks raskemetallide ja emissioonide mõõtmisele võetakse samal ajal ka perioodiliselt kütuste ja tuha proove ning fikseeritakse ära ka tootmisüksuste režiimide parameetrid.
- Järgmiste aastate saastanormide kindlaks tegemisel korraldada uued mõõtmised.
- Kaardistada Eesti põlevkivide füüsikaliste ja keemiliste parameetrite muutumiste piirid sõltuvana kaevanduste paiknemisest ja kaevandamise tehnoloogiast.
- Leida seos heitmete ja raskemetallide tekkimisel sõltuvana kasutatavast tehnoloogiast, toormest, ilmastikuoludest ja tootmisvõimsusest. Täna sellealane teadmine puudub.
- Anda ettevõtetele võimalus tellida emissioonide sh ka raskemetallide iga-aastased kontrollmõõtmised, mis oleks sisendiks saastetasude arvutustel.
- Piisava arvu mõõtmiste põhjal leida seos püsimoonitoringu näitude ja raskemetallide emissioonide vahel, et vajadusel saaks pidada arvestust püsimoõteriistade mõõtmistulemuste alusel.

- Õlitööstuse tahkeid heitmeid ja raskemetallide emissioone ei saa esitada mg/GJ kohta. Õige on nende puhul esitada kg/a (kilogrammi aasta kohta) või siis t/a (tonni aasta kohta), sest ei ole üheselt tehtud kindlaks toorme jaotumist milline osa sisenevast põlevkivist võtab osa õlitootmise ja milline osa järel põlemise protsessist. Ka õlitööstuse PVT annab samad ühikud.

Igal juhul on selline ettevõtmine igati tervitatav ja loodetavasti hakatakse selliseid mõõtmisi korraldama perioodiliselt ja süstematiseeritult.

Energiatehnoloogia instituut 16.01.2017