



KCL Science and Consulting

Luottamuksellinen

27.8.2004

Työnro 517248

Suomen Soodakattilayhdistys r.y. co Jaakko Pöyry Oy
Lipeätyöryhmä
Jens Kohlmann
PL 4
01621 Vantaa

Työ valmis: 27.8.2004

SOTU-HANKE, OSATEHTÄVÄ 2:

POLTTOLIPEÄN JA SÄHKÖSUODINTUHKAN ANALYSOINTI

Lisätietoja: Kurt Sirén, puh. 09-4371322, E-mail Kurt.Siren@kcl.fi.

Oy Keskuslaboratorio - Centrallaboratorium Ab
KCL Science and Consulting

Kurt Sirén
Senior Researcher - chemical recovery



KCL Science and Consulting

TILAUSTYÖRAPORTTI

2 (10)

Luottamuksellinen

27.8.2004

Työnro 517248

SOTU II - HANKE: Polttoliipeän ja sähkösuodintuhkien analyysit

KCL Science and Consulting

Kurt Sirén

1 Tavoite

"Soodakattila tulevaisuudessa" -hankkeen taustatiedoksi analysoitiin KCL:ssä valittujen suomalaisten tehtaiden polttoliipeitä ja sähkösuodintuhkia. Polttoliipeistä määritettiin natrium, kalium, kloori ja rikki sekä kuiva-aine. Sähkösuodintuhkista määritettiin natrium, kalium, kloori, karbonaatti ja sulfaatti. Tulokset on tarkoitettu hankkeen useita eri tarpeita varten, ja monikäyttöisyytensä ja osittain avoinna olevien käyttötarkoituksiensa vuoksi tässä työssä ei ole tehty tuloksista varsinaisia johtopäätöksiä.

Näytteet kerättiin 23.4. – 19.5.2004 välisenä aikana. Taulukossa tehtaot on koodattu aikaisemmin SOTU-hankkeessa tehdyn koodauksen mukaan. Joissakin tapauksissa samalla tehtaalla on kaksi soodakattilaa, jolloin tehdaskoodiin on lisätty kirjaimet a ja b.

2 Tulokset

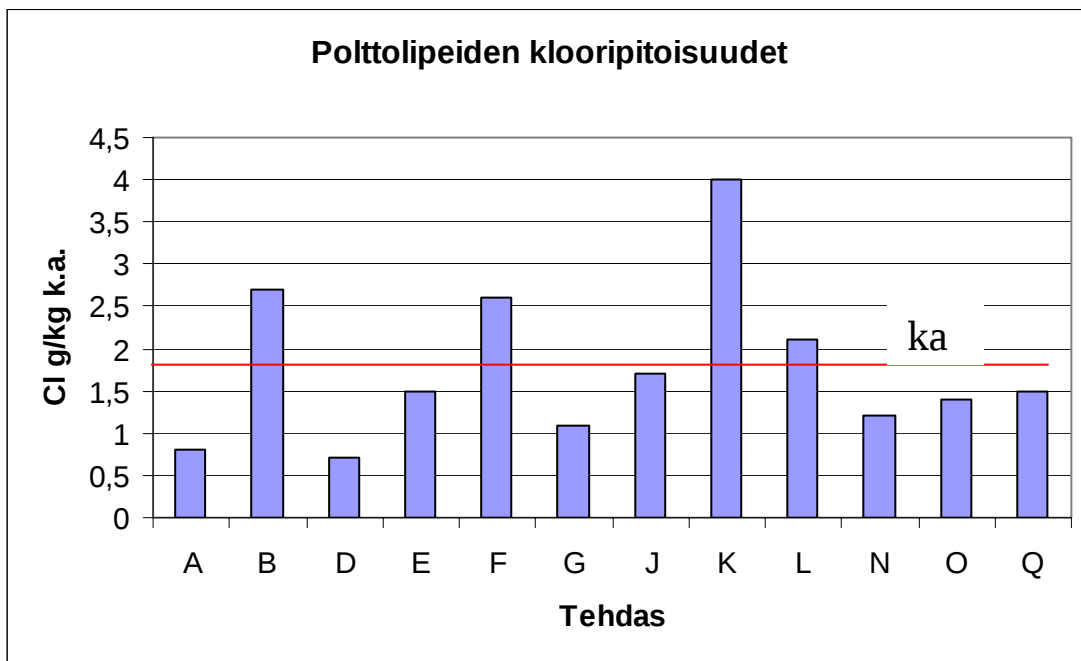
Polttoliipeät

Polttoliipeiden tulokset on koottu taulukkoon 1.

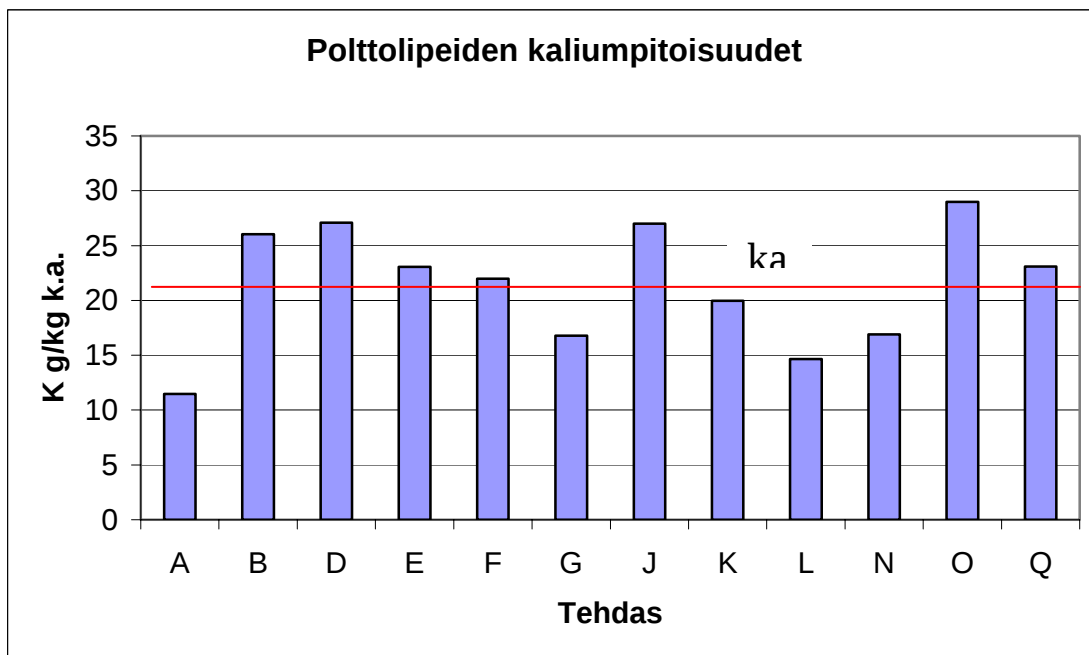
Taulukko 1. Polttoliipeiden tulokset.

Tehdas	Na g/kg	K g/kg	Cl g/kg	S g/kg	Kuiva-aine %
A	215	11	0,8	69	83,1
B	196	26	2,7	67	75,1
D	191	27	0,70	67	78,9
E	196	23	1,5	70	77,9
F	202	22	2,6	69	79,7
G	207	17	1,1	59	75,3
J	207	27	1,7	63	74,8
K	200	20	4,0	43	71,3
L	209	15	2,1	62	81,5
N	196	17	1,2	65	78,6
O	204	29	1,4	74	78,6
Q	199	23	1,5	64	81,7
Keskiarvo	202	21,4	1,8	64	78,0
S	6,9	5,5	0,94	7,8	3,4
CV %	3	26	53	12	4

Havainnollisuuden parantamiseksi samat tulokset on esitetty graafisesti kuvissa 1 ja 2.



Kuva 1. Polttolipeiden klooripitoisuudet.



Kuva 2. Polttolipeiden kaliumipitoisuudet.

Sähkösuodintuhkat

Sähkösuodintuhkien tulokset on koottu taulukkoon 2.

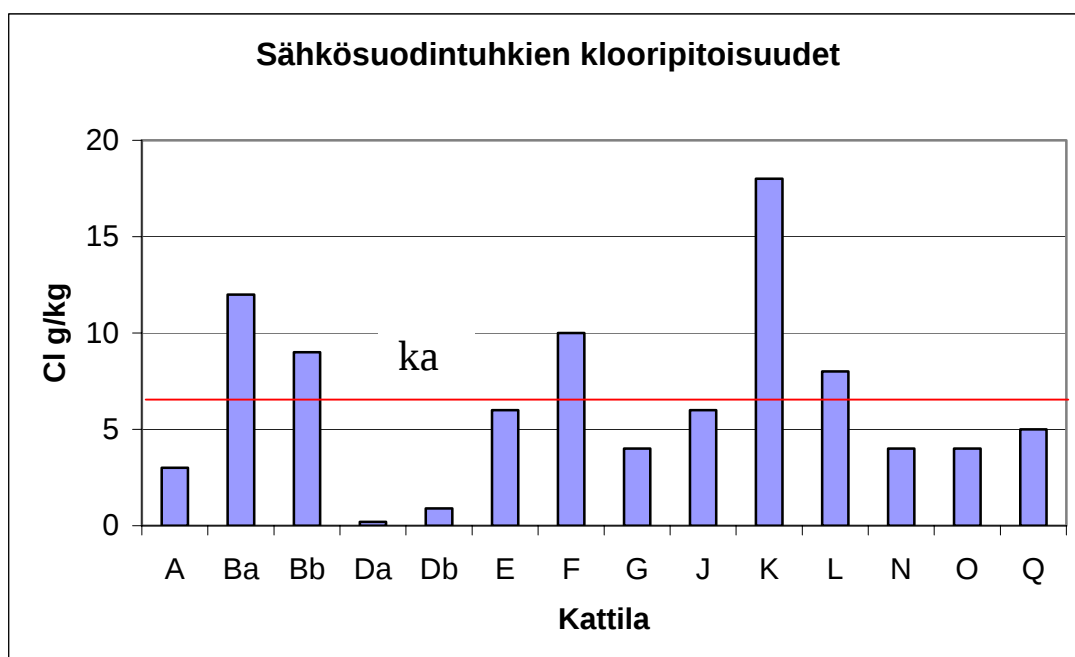
Taulukko 2. Sähkösuodintuhkien tulokset.

	Na	K	Cl	CO ₃	SO ₄	S*
Tehdas	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
A	310	24	3	38	590	197
Ba	280	56	12	5,5	620	207
Bb	280	54	9	2,8	630	210
Da	270	57	0,2	ei hav.	630	210
Db	270	58	0,9	ei hav.	630	210
E	280	48	6	16	610	204
F	300	46	10	72	540	180
G	300	33	4	31	590	197
J	290	53	6	52	560	187
K	300	43	18	110	490	164
L	310	30	8	61	560	187
N	290	37	4	2,2	630	210
O	270	59	4	2,9	640	214
Q	300	47	5	99	520	174

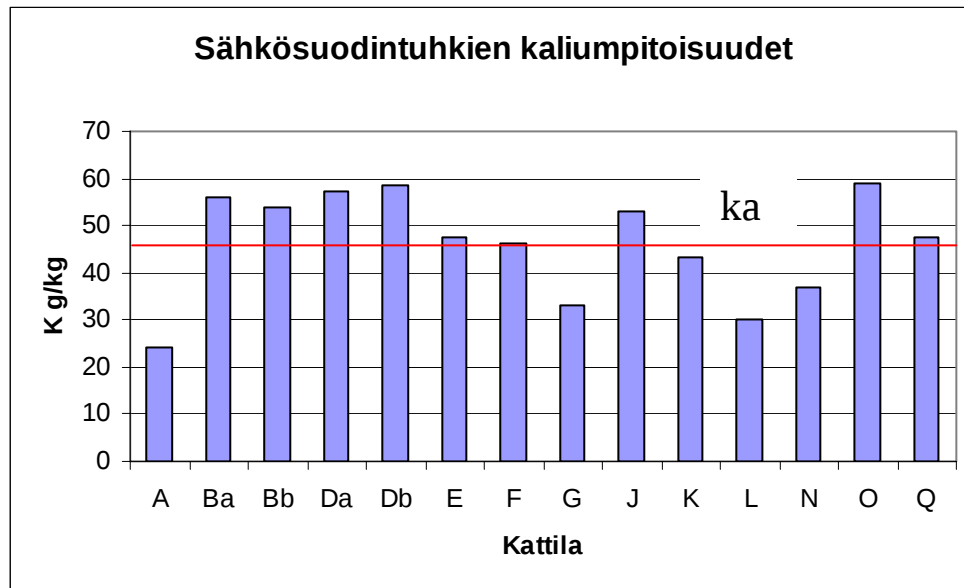
Keskiarvo	289	46	6,4	41	589	196
S	14	11	5	38	48	16
CV %	5,0	24,5	73,1	93,0	8,1	8,1

* Laskennallinen, olettaen että kaikki rikki on sulfaattina

Samat tulokset on esitetty kuvissa 3 ja 4.



Kuva 3. Sähkösuodintuhkien klooripitoisuudet.



Kuva 4. Sähkösuodintuhkien kaliumpitoisuudet.

Rikastumiskertoimet

Kaliumin ja kloorin rikastumiskertoimet (EF) suodintuhkassa on laskettu seuraavan kaavan mukaan:

$$EF = (X_t / (K_t + Na_t)) / (X_l / (K_l + Na_l))$$

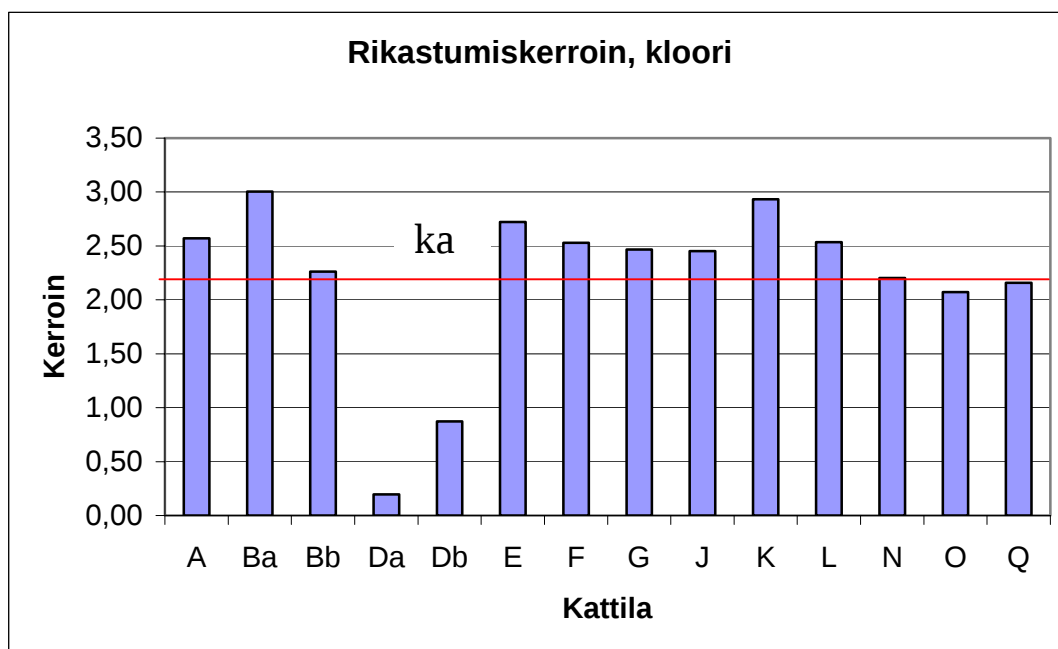
jossa X on kloori tai kalium. t viittaa tuhkaan ja l polttoliipeään. Pitoisuudet ovat mooleina. Tulokset on koottu taulukkoon 3.

Taulukko 3. Kaliumin ja kloorin rikastumiskertoimet.

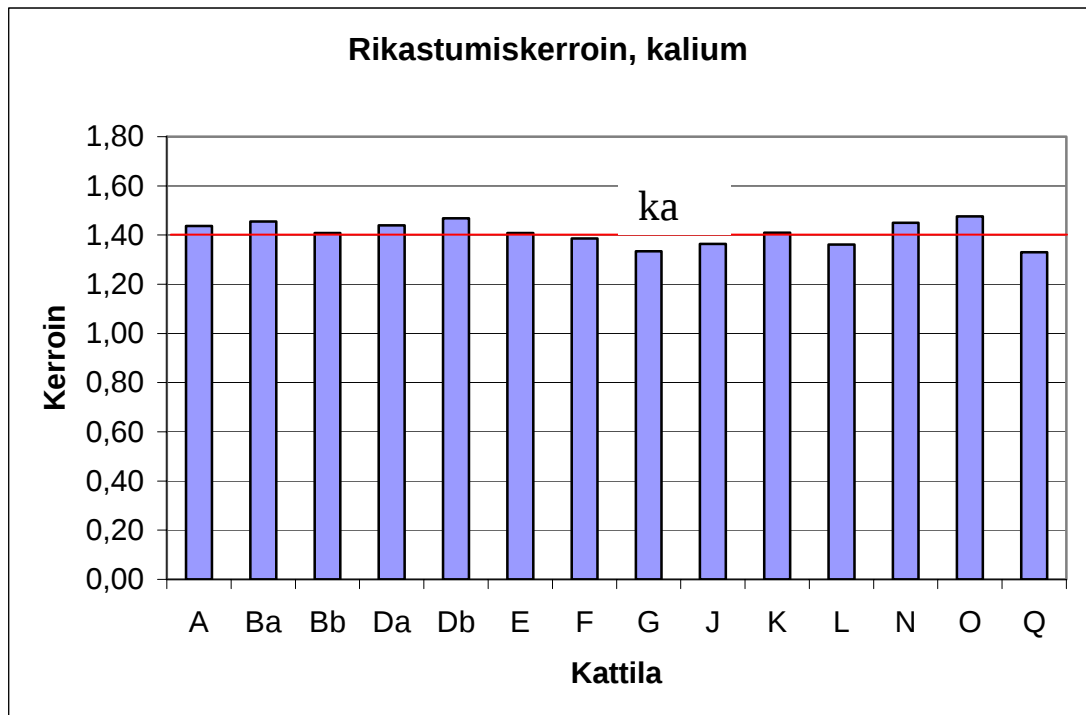
	K	Cl
A	1,44	2,57
Ba	1,46	3,00
Bb	1,41	2,26
Da	1,44	0,19
Db	1,47	0,87
E	1,41	2,72
F	1,39	2,53
G	1,33	2,47
J	1,36	2,45
K	1,41	2,93
L	1,36	2,53
N	1,45	2,20
O	1,48	2,07
Q	1,33	2,16

Keskiarvo	1,41	2,21
S	0,048	0,77
CV %	3,42	34,9

Samat tulokset on esitetty kuvissa 5 ja 6.



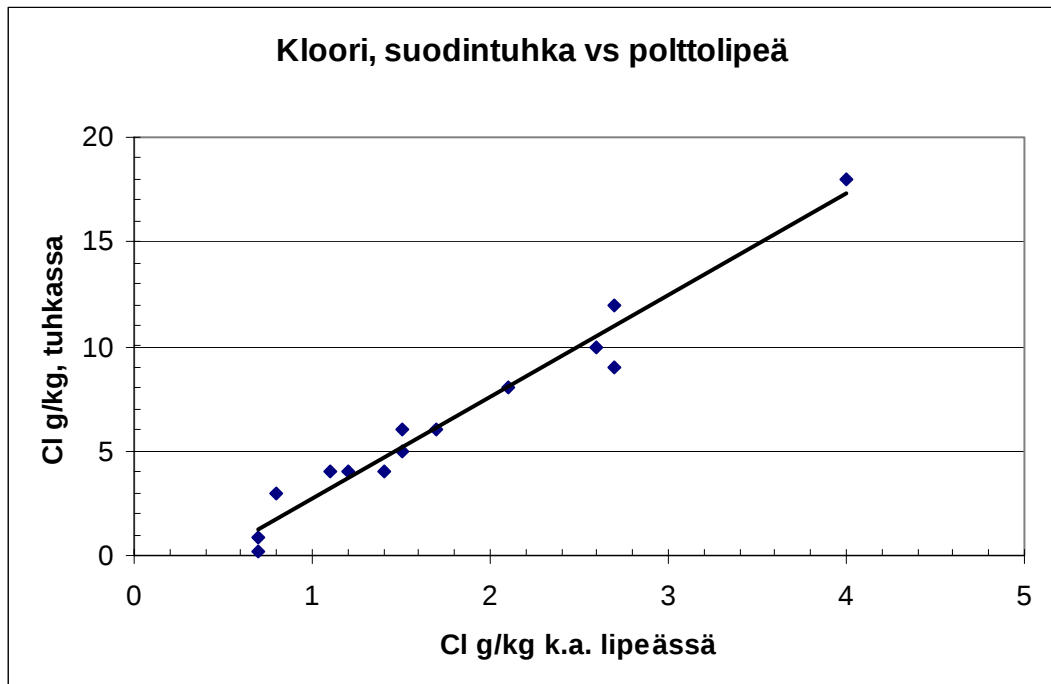
Kuva 5. Kloorin rikastumiskertoimet.



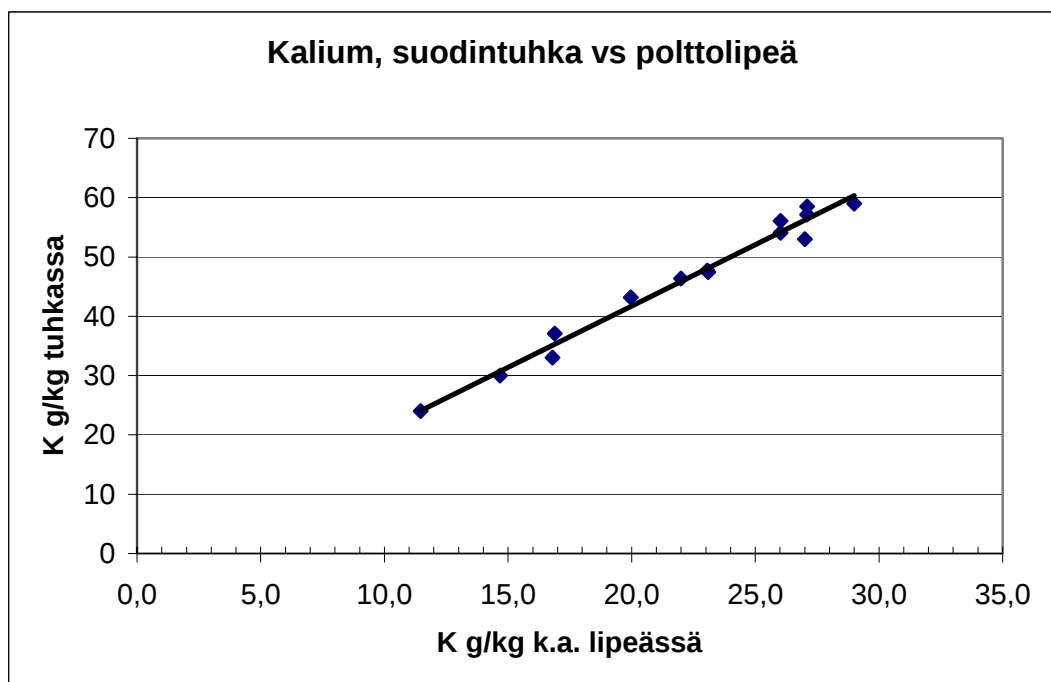
Kuva 6. Kaliumin rikastumiskertoimet.

Riippuvuudet

Sotu-projektissa on nostettu esille kysymys siitä, mitkä tekijät johtavat epäpuhtauksien korkeisiin tai vastaavasti mataliin rikastumiskertoimiin ja pitoisuuksiin lentotuhkassa. Kuvassa 7 ja 8 on piirretty lentotuhkan kloorin ja kaliumin pitoisuudet polttoliipeän pitoisuuksien funktiona. Kuten kuvasta käy ilmi, pitoisuudet lentotuhkassa näyttävät riippuvan lähes yksinomaan lipeän pitoisuuksista. Tämä liittyy siihen, että rikastumiskertoimet olivat yhtä tehdasta lukuun ottamatta melko samansuuruiset.



Kuva 7. Lentotuhkan klooripitoisuus polttoliipeän klooripitoisuuden funktiona.



Kuva 8. Lentotuhkan kaliumpitoisuus polttoliipeän kaliumpitoisuuden funktiona.

3. Kommentit

Klooripitoisuudet ovat tunnetusti hyvin alhaiset suomalaisten tehtaiden lipeäkierrossa sulfiditeetin ollessa melko korkea. Joissakin tapauksissa kaliumpitoisuus on suuri, indikoiden melko suurta sulkemisastetta.

Klooripitoisuudet suomalaisten tehtaiden lentotuhkassa ovat myös hyvin alhaiset. Eri aineiden vaihtelut ovat melko pienet, suurimpien vaihtelujen ollessa karbonaattipitoisuudessa.

Kaliumin rikastumiskertoimet ovat melko samansuuruiset ja lähellä 1,4. Kloorin rikastumiskertoimet ovat myös yllättävän samansuuruisia kahta tapausta lukuun ottamatta, tehtaan D kaksi soodakattilaa. Karbonaattipitoisuudesta päätellen nämä kaksi kattilaa ajetaan erityisen happamina.

Edellisen kattavan kartoituksen jälkeen, joka tehtiin vuonna 2001 (Ilkka Wartiovaara), rikastumiskertoimien hajonta on pienentynyt. Tämä vaikeuttaa rikastumiskertoimien vaihtelua aiheuttavien tekijöiden tutkimusta.

Klooripitoisuus lipeäkierrossa on myös alhaisin tehtaassa D, joskin ero muihin kattiloihin ei ole kovin merkittävä.

Määrävä tekijä on lentotuhkan kloori, ja kaliumpitoisuuden muodostuessa näyttää olevan polttolipeän vastaava pitoisuus. Rikastumiskertoimien pienten vaihtelujen perusteella, yhtä tehdasta lukuun ottamatta, näyttää siltä, että suomalaisia kattiloita ajetaan melko samalla tavalla. Muissa maissa käytäntö voi olla erilainen, johtaen erilaisiin rikastumiskertoimiin ja lentotuhkan pitoisuuksiin.