



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Sambehandling af RGA og scrubber væske fra forbrændingsanlæg med HALOSEP processen

Miljøprojekt nr. 1648, 2015

Titel:

Sambehandling af RGA og scrubbevæske fra
forbrændingsanlæg med HALOSEP
processenSambehandling af RGA og scrubber
væske fra forbrændingsanlæg med HALOSEP
processen

Redaktion:

Erik Rasmussen,
Stena Metall A/S

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2015

ISBN nr.

978-87-93283-72-5

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	6
Konklusion og sammenfatning	7
Forsøgsgennemgang	7
Resultater: mængder	8
Resultater: deponering	8
Resultater: klassificering	8
Resultater: salt	9
Indholdsstoffer: salt	9
Anvendelse/afsætning: salt	9
Resultater: tungmetalprodukt	9
Resultater: overstørrelser	9
Økonomi	9
Scenarie 1	10
Scenarie 2	10
Scenarie 3	10
Økonomi opsummering	10
Summary and Conclusion	11
Description of the tests	11
Results: material amounts	12
Results: disposal	12
Results: classification	12
Results: salt	13
Composition: salt	13
Reuse/application: salt	13
Results: heavy metal product	13
Results: oversize material	13
Economy	14
Scenario 1: basic scenario	14
Scenario 2: salt discharge scenario	14
Scenario 3: salt discharge and TMP disposal scenario	14
Economy summary	14
1. Formål	15
2. Baggrund	16
2.1 Semi-tør/tør proces	16
2.2 Våd proces	16
2.3 Om RGA (flyveaske)	17
3. Ombygning HALOSEP anlæg	18
3.1 Flytning af anlæg fra Amager til Brøndby	18
3.2 Etablering af HALOSEP anlæg i Brøndby	19
3.3 Flowsheet HALOSEP anlæg i Brøndby	22
4. Prøvetagning og analyser	23
4.1 Prøvetagning baggrund	23
4.2 Prøvetagning procedure	23

4.3	Prøvetagning af RGA og HCLS.....	23
4.3.1	Vestforbrænding	23
4.3.2	Amagerforbrænding.....	24
4.3.3	Prøvetagning af rå og X-RGA til analyse.....	25
4.4	Prøvetagning af HCLS, salte, TMP og OS	27
4.5	Analyser rå RGA.....	28
4.6	Analyser X-RGA.....	28
4.7	Analyser HCLS, Salte, TMP og RGA>1mm.....	29
5.	HALOSEP RGA behandling.....	31
5.1	Forsøgsplan wet RGA fra Vestforbrænding.....	31
5.2	Forsøgsplan semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding.....	31
5.3	Tørstof (TS) reaktioner	32
5.3.1	Tørstof reduktion wet RGA.....	32
5.3.2	Tørstof reduktion semi-tørt RGA	32
5.4	Salt produktion	32
5.4.1	Salt fra wet RGA (VF).....	33
5.4.2	Salt fra semi-tørt RGA (AF)	33
5.5	Tungmetal filterkager	34
5.5.1	TMP fra wet RGA (VF).....	34
5.5.2	TMP fra semi-tørt RGA (AF)	34
5.6	RGA > 1mm (OS)	34
5.6.1	OS fra wet RGA (VF).....	34
5.6.2	OS fra Semi-tørt RGA (AF).....	35
6.	Kemiske analyser	36
6.1	HALOSEP indgående materialer	36
6.1.1	Wet RGA fra Vestforbrænding	36
6.1.2	Semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding.....	37
6.2	HCLS (scrubber væske fra VF)	38
6.3	Produkter fra HALOSEP processen	38
6.3.1	OS (RGA > 1mm).....	38
6.3.2	SP1 og SP2 (saltprodukter).....	40
6.3.3	TMP fra wet RGA (VF).....	47
6.3.4	Behandlet RGA (X-RGA)	48
6.3.5	Stofudvaskning wet RGA (VF).....	50
6.4	PCB, aromatiske kulbrinter, kulbrintefraktioner	52
7.	Batch- og kolonneudvaskning.....	58
7.1	Batch udvaskning rå RGA og behandlet RGA (X-RGA).....	58
7.1.1	Batch udvaskning rå wet RGA og X-RGA (VF).....	58
7.1.2	Batch udvaskning rå semi-tørt RGA og X-RGA (AF)	59
7.2	Kolonneudvaskning X-RGA	60
7.2.1	Kolonneudvaskning wet X-RGA (VF)	61
7.2.2	Kolonneudvaskning semi-tørt X-RGA (AF).....	70
7.3	Sammenfatning batch- og kolonneudvaskning	78
7.3.1	Batch udvaskning.....	78
7.3.2	Kolonneudvaskning X-RGA fra VF	78
7.3.3	Kolonneudvaskning X-RGA fra AF.....	80
7.4	Kommentarer til organiske parametre i X-RGA.....	83
8.	Håndtering af produkter fra HALOSEP processen.....	84
8.1	OS (RGA >1 mm)fraktionen	84
8.2	Saltprodukt SP2 driftsform A og B.....	84
8.2.1	Saltprodukt fra wet RGA (VF)	84
8.2.2	Saltprodukt fra semi-tørt RGA (AF).....	85
8.2.3	Sammenfatning saltprodukt driftsform A og B	86

8.3	Behandlet RGA (X-RGA).....	86
8.3.1	X-RGA fra wet RGA (VF).....	86
8.3.2	X-RGA fra semi-tørt RGA.....	87
8.4	TMP (Tungmetal filterkager)	88
8.4.1	TMP fra wet RGA (VF).....	88
8.4.2	TMP fra semi-tørt RGA (AF)	88
8.4.3	Sammenfatning TMP	88
9.	Teknisk økonomisk analyse	89
9.1	HALOSEP basis scenariet.....	89
9.1.1	HALOSEP scenarie med salt udledning (driftsform B).....	91
9.1.2	HALOSEP scenarie med saltudledning og TMP deponering	91
9.2	Teknisk økonomisk sammenfatning	92
10.	Forkortelser	93
11.	Referencer.....	94
12.	Bilag	95
12.1	Bilag 1: "Saltgenvinding fra røggasrensningsaffald"	95
12.2	Bilag 2: Procedure for prøvetagning, DHI	175
12.3	Bilag 3: Liste over prøver til analyse, VF og AF	181
12.4	Bilag 4:Notat til Brøndby Kommune	182

Forord

Dette projekt "Sambehandling af RGA (wet, semi-tørt) og scrubber væske fra forbrændingsanlæg med HALOSEP processen" har et projektbudget på 2.333.250 kr. og er finansieret 50 % via Miljøstyrelsens tilskudsordning til miljøeffektiv teknologi 2010. De resterende 50 % af projektbudgettet er finansieret af Stena Metall A/S.

HALOSEP processen blev i sin tid udviklet af Watech A/S som et spinoff i forbindelse med udviklingen af en proces for sambehandling af PVC affald med røggasaffald. Watech blev efterfølgende købt af RGS90 i 2003. Midt under udførelsen af pilotforsøgene med HALOSEP pilotanlægget i 2006 fik RGS90 store økonomiske problemer og blev som konsekvens heraf solgt til DSV Miljø i 2007. Samtlige udviklingsaktiviteter i RGS90 herunder HALOSEP projektet blev herefter videresolgt til Stena Metall A/S i 2008, som færdiggjorde HALOSEP projektet i løbet af 2009. Miljøstyrelsen har også støttet dette projekt.

Resultaterne fra disse indledende pilotforsøg er rapporteret i den aldrig offentliggjorte rapport "Saltgenvinding fra røggasrensningaffald" fra 2009. Rapporten er vedlagt som bilag 1 til nærværende rapport. Der blev udført et begrænset antal pilotforsøg med behandling med røggasrensningaffald (RGA) fra Amagerforbrænding og Vestforbrænding. Herudover blev der udført tilhørende udvaskningstests på det behandlede RGA. Udvasningstestene i de hidtil udførte udvasningstests har desværre ikke omfattet en række af de stoffer, som der i Rådsbeslutningen om deponering er opstillet acceptkriterier for. Udvasningstestene har således ikke omfattet Ba, Mo, Ni, Sb, Se, F og DOC (opløst organisk kulstof).

Med baggrund i det begrænsede antal pilotforsøg der blev udført tidligere (jf. Bilag 1) har der været behov for at få gennemført en række supplerende forsøg især for at få dokumenteret, hvordan produkterne fra HALOSEP processen dvs. behandlet RGA, tungmetalprodukter samt salte vil kunne behandles, og hvordan disse fremadrettet skal håndteres.

På grund af de ikke analyserede stoffer i forbindelse med udvasningstestene har der endvidere været behov for at få dokumenteret udvasningsegenskaberne for behandlet RGA i henhold til EU's Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg 2003/33/EF (Ref. 1).

Der blev nedsat en følgegruppe for projektet, som bestod af følgende medlemmer:

- Thilde Fruergaard, Miljøstyrelsen (formand)
- Kim Crillesen, Vestforbrænding
- Christer Forsgren, Stena Metall
- Jiri Hyks, DHI, Urban & Industry
- Pernille Erland Jensen, DTU Byg
- Nana Winkler, Dansk Affaldsforening
- Projektleder Erik Rasmussen, Stena Metall

Projektet er blevet gennemført i perioden 1. januar 2011 – 31. december 2013.

Konklusion og sammenfatning

"HALOSEP" er en proces til behandling af aske f.eks. fra forbrændingsanlæg, biobrændsel fyrede varmeværker, filterasker fra sekundær metalfremstilling og lignende.

Fra forbrændingsanlæg med våd røggasrensning fremkommer tør flyveaske samt tungmetaltholdigt slam fra neutralisering og fældning af scrubber væske (i nærværende rapport refereres der til denne blanding som "Wet RGA"). Der produceres også gips som et separat produkt fra røggasrensningen. Det er blandingen af tør flyveaske og vådt slam, der tilsammen udgør "Wet RGA" som i dag deponeres på Langoya i Norge eller i Tyskland. Fra forbrændingsanlæg med semi-tør røggasrensning fremkommer tør flyveaske blandet med tørt neutraliseringsprodukt, da der ikke fremkommer tungmetaltholdigt slam ved denne proces (i nærværende rapport refereres der til dette som "semi-tørt RGA"). Sammensætningen af de to røggasrensningsprodukter adskiller sig især på kalkindholdet, som er væsentligt højere i "semi-tørt RGA" end i "Wet RGA".

Fra forbrændingsanlæg med våd røggasrensning sambehandles tør flyveaske med scrubber væske (direkte fra HCl scrubberen) i HALOSEP processen. En del af flyveaskens komponenter anvendes således til neutralisering af scrubber væsken og der dannes samtidigt salt (SP), vand og kuldioxid. Saltet renses efterfølgende for tungmetaller ved fældning og der opstår herved et tungmetalprodukt (TMP). Den behandlede flyveaske (X-RGA) har stærkt forbedrede udvaskningsegenskaber og mængdemæssigt udgør den typisk mindre end 60 % af "Wet RGA". Med HALOSEP processens indførsel på et forbrændingsanlæg med våd røggasrensning produceres ikke længere tungmetaltholdigt slam. TMP produktet har en anderledes sammensætning med et højt Zink indhold.

Fra forbrændingsanlæg med semi-tør røggasrensning sambehandles "semi-tørt RGA" med scrubber væske (fra HCl scrubberen på et anlæg med våd røggasrensning). Både flyveaske samt overskudskalk i RGA'en anvendes i dette tilfælde til neutralisering af scrubber væsken og der dannes samtidigt salt (SP), vand og kuldioxid. Der dannes en del mere salt ved behandling af semi-tørt RGA sammenlignet med behandling af flyveaske og scrubber væske fra anlæg med våd røggasrensning. Saltet renses efterfølgende for tungmetaller ved fældning og der opstår herved et tungmetalprodukt (TMP). Den behandlede flyveaske (X-RGA) har stærkt forbedrede udvaskningsegenskaber og mængdemæssigt udgør den typisk mindre end 47 % af "semi-tørt RGA"

Sammen med DHI er der planlagt og gennemført et omfattende analyseprogram (jf. bilag 2) for at dokumentere, hvordan produkterne fra HALOSEP processen dvs. X-RGA, salte (SP) og tungmetalprodukter (TMP) kan behandles, og hvordan disse fremadrettet skal håndteres.

Analyseprogrammet har omfattet en kemisk karakterisering af indgående strømme samt produkter fra HALOSEP processen. Der er endvidere gennemført batch udvaskningstests (L:S=10) samt kolonneudvaskningstests (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10) på X-RGA fra VF og AF.

Forsøgsgennemgang

Prøver af RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding blev indsamlet løbende i løbet af en ca. 16 ugers periode fra september 2011 – januar 2012. Prøvetagning af RGA fra Amagerforbrænding blev først gennemført i perioden juli 2012 – oktober 2012. Amagerforbrænding havde inden prøvetagningen kunne gennemføres gennemført en ombygning på anlægget således, at RGA kunne recirkuleres fra ca. medio maj måned 2012. Prøvetagning kunne derfor ikke gennemføres på Amagerforbrænding, men blev efterfølgende gennemført ved RGA transportøren.

HALOSEP pilotanlægget, som blev etableret i forbindelse med gennemførsel af pilotforsøgene omtalt i bilag 1 er blevet ombygget og udvidet i løbet af 2011 for gennemførslen af dette projekt. Der blev herefter gennemført 64 pilotforsøg med det udvidede HALOSEP pilotanlæg. Der blev gennemført 32 pilotforsøg med "RGA (flyveaske)" fra Vestforbrænding (VF) og 32 pilotforsøg med "semi-tørt RGA" fra Amagerforbrænding (AF). Ved samtlige pilotforsøg blev der kun anvendt scrubber væske fra Vestforbrænding. Der blev anvendt scrubber væske fra Vestforbrænding anlæg 5 eller anlæg 6.

De 32 pilotforsøg med f.eks. "RGA (flyveaske)" blev delt op i 16 forsøg med driftsform A (produktion af salt produkt med høj saltkoncentration) og 16 forsøg med driftsform B (produktion af saltopløsning med lav saltkoncentration). De 16 forsøg med samme driftsform A eller B blev opdelt i 2 gange 8 forsøg med ens procesbetingelser. Der fremkom herved 4 samleprøver af HALOSEP produkterne X-RGA, TMP, SP₁ driftsform A, SP₂ driftsform A, SP₁ driftsform B, SP₂ driftsform B samt 2-3 samleprøver af OS (materiale > 1 mm kornstørrelse, som fjernes i HALOSEP processen).

Samtlige prøver fra HALOSEP forsøgene med "RGA (flyveaske)" og "semi-tørt RGA" blev sendt til kemisk analyse hos Eurofins samt til batch- og kolonne udvaskningstests hos DHI.

Resultater: mængder

Mængden af røggasbehandlingsaffald til deponi fra Vestforbrænding (Wet RGA) udgør ca. 17.000 ton/år inkl. vandindhold (fra grønt regnskab 2011). Resultaterne fra HALOSEP forsøg med sambehandling af "RGA (flyveaske)" og scrubber væske fra Vestforbrænding har vist, at mængden af røggasbehandlingsaffald X-RGA kan reduceres til ca. 10.460 ton/år (inkl. vandindhold) med de valgte HALOSEP driftsbetingelser. Mængdereduktionen blev samlet set ca. 39 % (w/w). Ved HALOSEP behandling af "semi-tørt RGA" fra Amagerforbrænding bliver mængdereduktionen lidt højere ca. 53 % (w/w) på tørstof basis eller ca. 40 % (w/w) inkl. vandindhold i forhold til "semi-tørt RGA" fra Amagerforbrænding.

Resultater: deponering

I den danske bekendtgørelse om deponeringsanlæg BEK 719/2011 (Ref. 3) er der tre klasser af deponier IA1, MA1 og FA1. En detaljeret beskrivelse af disse kan ses i figur 2 (afsnit 7.2).

Batchudvaskningsforsøg med X-RGA fra både Vestforbrænding og Amagerforbrænding har vist, at stof udvaskningen fra X-RGA overholder grænseværdierne for deponering af affald på et deponi klasse MA1 iht. gældende bekendtgørelse om deponeringsanlæg BEK 719/2011 (Ref. 3).

Kolonneudvaskningsforsøg med X-RGA fra Vestforbrænding har vist at stofudvaskningen fra X-RGA fra såvel driftsform A (høj salt) som driftsform B (lav salt) overholder samtlige udvaskningskriterier for deponering på et deponi klasse FA1 iht. BEK 719/2011 (Ref. 3). Det er små overskridelser for Antimon (Sb) udvaskningen ved kolonne forsøg L:S=10 i tre ud af fire tests, der gør at X-RGA ikke overholder deponi klasse MA1.

Kolonneudvaskningsforsøg med X-RGA fra Amagerforbrænding har vist at stofudvaskningen fra behandlet RGA fra driftsform A (høj salt) overholder samtlige udvaskningskriterier for deponering på et deponi klasse FA1. Det er igen små overskridelser for Antimon (Sb) udvaskningen ved kolonne forsøg L:S=2 og L:S=10, der gør at X-RGA ikke overholder deponi klasse MA1. For behandlet RGA fra driftsform B (lav salt) overholder samtlige udvaskningskriterier for deponering på et deponi klasse FA1. Det er en meget lille overskridelse for Kviksølv (Hg) udvaskningen ved kolonne forsøg L:S=2, der gør at X-RGA ikke overholder deponi klasse MA1, hvorimod Antimon udvaskningen nu overholder udvaskningskriterier for deponering på et deponi klasse IA1 iht. BEK 719/2011 (Ref. 3).

Resultater: klassificering

Det er foretaget en vurdering af om de fundne koncentrationer af stoffer i den behandlede RGA giver anledning til at X-RGA skal klassificeres som farligt affald i henhold til BEK 1309 (Ref. 4). Det må konkluderes, at X-RGA fra VF må klassificeres som farligt affald i henhold til BEK 1309 (Ref. 4) da der er fundet et gennemsnitligt blyindhold på 6.550 mg/kg TS. Det skal bemærkes, at det kun er en prøve X-RGA, som med et målt indhold på 11.000 mg/kg bidrager til et højt gennemsnitligt blyindhold større end 5.000 mg/kg.

X-RGA fra Amagerforbrænding kan klassificeres som mineralsk affald i henhold til BEK 1309 (Ref. 4) da der er fundet et gennemsnitligt blyindhold på 4.350 mg/kg.

Beregnes det gennemsnitlige blyindhold i X-RGA fra Vestforbrænding og Amagerforbrænding på basis af syv målinger, hvor ovennævnte enkeltmåling med højt blyindhold ikke medtages, fås et gennemsnitligt blyindhold for X-RGA på 4.657 mg/kg. Grænsen for hvornår X-RGA skal klassificeres som farligt affald i henhold til BEK 1309 (Ref. 4) er et blyindhold på 5.000 mg/kg. Dette skal sammenholdes med, at usikkerheden på analyserne er 10-15 %.

Resultater: salt

Mængden af saltprodukt SP₂ fra HALOSEP behandling af "RGA (flyveaske)" og scrubber væske fra Vestforbrænding udgør ca. 30 % (w/w) af "RGA (flyveaske)" mængden svarende til ca. 3.900 ton/år. Denne saltmængde svarer f.eks. til det gennemsnitlige vejsalt forbrug i Vestegns Kommunerne Brøndby, Glostrup, Hvidovre, Albertslund og Rødovre i perioden 2006-8 (Ref. 1). Mængden af saltprodukt SP₂ fra HALOSEP behandling af "semi-tørt RGA" fra Amagerforbrænding udgør ca. 50 % (w/w) af "semi-tørt RGA" mængden. Den højere dannede saltmængde skyldes, at kloridindholdet i "semi-tørt RGA" er ca. to gange indholdet i "RGA (flyveaske)" og at man i Amagerforbrænding semi-tørt RGA tilfældet får dannet ekstra salt fra scrubber væske til neutralisering af overskudskalken (Ca(OH)₂) i "semi-tørt RGA".

Indholdsstoffer: salt

Saltproduktet stammer fra både scrubber væske og "RGA (flyveaske)" eller "semi-tørt RGA". Omkring 99 % (w/w) af saltproduktet består af de tre salte NaCl, KCl og CaCl₂. Mellem 0,5-1 % (w/w) af saltproduktet udgøres af CaSO₄ og MgSO₄. Der er udarbejdet saltsammensætninger inkl. sporstoffer på SP₂ for både driftsform A og driftsform B. Det har desværre ikke været muligt at finde tilsvarende data for indholdet af sporstoffer i kommercielt vejsalt.

Anvendelse/afsætning: salt

Det vurderes med baggrund i saltsammensætningerne, at begge HALOSEP driftsformer A (høj salt) og B (lav salt) er mulige og at der vil være mulighed for at skifte mellem disse to driftsformer efter behov. Det vurderes endvidere, at saltprodukt SP₂ fra HALOSEP behandling vil kunne genanvendes som vejsalt i den udstrækning, at der findes afsætning herfor og at tilhørende lagerkapacitet forefindes. I perioder, hvor der ikke er brug for vejsalt (f.eks. om sommeren) kan man skifte til driftsform B, dvs. udledning af en saltopløsning.

Resultater: tungmetalprodukt

Mængden af tungmetalprodukt (TMP tørstof) fra Vestforbrænding udgør 2,8 % af den indgående "RGA (flyveaske)" svarende til ca. 370 ton/år. Inklusive vand udgør TMP mængden ca. 9 %.

Tungmetalproduktet (TMP) fra Vestforbrænding bør sendes til oparbejdningsanlæg for Zink genvinding. Det vil være teknisk økonomisk fordelagtigt at skylle og tørre TMP filterkager så zinkindholdet bliver så højt som muligt dvs. omkring 38-40 %. Tungmetalproduktet (TMP) fra Vestforbrænding vil herefter kunne repræsentere en indtægt på ca. 1.600 DKK/ton TMP tørstof. På grund af et lavere Zink indhold i tungmetalproduktet (TMP) fra Amagerforbrænding bør dette håndteres sammen med X-RGA fra AF.

Resultater: overstørrelser

Ved HALOSEP behandling af "RGA (flyveaske)" eller "semi-tørt RGA" opstår der i processen en mindre mængde materiale (OS), som har en kornstørrelse større end 1 mm. OS mængden udgør ca. 0,5 % af den indgående "RGA (flyveaske)" eller "semi-tørt RGA" eller ca. 65 ton/år. Der er målt et TOC indhold større end 5 % i OS fraktionen fra Vestforbrænding. Derfor bør denne fraktion håndteres ved at returnere den til forbrændingsanlæggets ovn(e) for at nedbringe TOC indholdet yderligere. OS fraktionen fra Amagerforbrænding bør håndteres på samme måde ved at returnere OS til forbrændingsanlæggets ovn(e).

Økonomi

Den teknisk økonomiske analyse tager udgangspunkt i "deponering (Langoya) i dag" scenariet for et anlæg som Vestforbrænding (basis data fra 2011 og 2012). Dette er sammenlignet med tre forskellige HALOSEP anlæg scenarier med en anlægskapacitet på 17.000 ton "wet RGA" pr. år:

1. Basis scenariet med deponering af X-RGA, genvinding af salt i vinterhalvåret samt Zn-genvinding
2. Udledning scenariet med deponering af X-RGA, udledning af salt samt Zn-genvinding
3. Udledning og deponering scenariet med deponering af X-RGA, udledning af salt samt TMP deponering

De samlede årlige omkostninger til deponering af "wet RGA" på Langoya i dag, neutralisering af scrubber væske samt udledning af saltvand er beregnet til ca. 18,4 mio. DKK (ref. 5 og ref. 6). Dette giver en samlet behandlingspris på "wet RGA" inkl. scrubber væske i dag på 1.415 DKK pr ton "RGA (flyveaske)" inkl. transport. Heri er kapitalomkostninger ikke medregnet.

De samlede omkostninger pr. ton wet RGA omregnet til pr. ton wet RGA (flyveaske) for hver af de tre HALOSEP scenarier er efterfølgende sammenlignet med den nuværende wet RGA deponering på Langoya.

Scenarie 1

Sammenlignes de samlede omkostninger pr ton "wet RGA" for HALOSEP basis scenariet, som er beregnet til 842 kr./ton eksklusive kapitalomkostninger med deponering i dag scenariet (1.415 kr./ton) fås, at HALOSEP basis scenariet samlet set giver en ca. 40 % billigere "wet RGA" behandling.

Scenarie 2

HALOSEP udledning scenariet (drift form B) har beregnede samlede omkostninger på 922 kr./ton "wet RGA" eksklusive kapitalomkostninger. Scenarie 2 giver en ca. 33 % billigere "wet RGA behandling" i forhold til "deponering i dag" scenariet.

Scenarie 3

HALOSEP udledning inklusive TMP deponering scenariet har beregnede samlede omkostninger på 995 kr./ton eksklusive kapitalomkostninger. Scenarie 3 giver en ca. 30 % billigere "wet RGA behandling" i forhold til "deponering i dag" scenariet.

Økonomi opsummering

HALOSEP behandling af wet RGA (flyveaske) inklusive scrubber væske giver mulighed for genvinding af salte og genvinding af Zink. Op til 35-40 % af wet RGA (flyveaske) inklusive scrubber væske kan genvindes. For semi-tørt RGA er det op til 55-60 % af semi-tørt RGA og scrubber væske, der kan genvindes i form af salte.

Genvinding af X-RGA som tilsatsmateriale i f.eks. anlægskonkret kan blive teknisk muligt fremover, men kræver yderligere dokumentation. Miljømæssige fordele opnås med genvinding af salte og genvinding af Zink. Samtidig opnås store økonomiske besparelser på behandlingen af wet RGA (flyveaske) og semi-tørt RGA behandling. Den økonomiske besparelse bliver på ca. 30-40 % i forhold til behandlingsomkostningerne i dag (kapitalomkostninger er ikke medtaget).

Summary and Conclusion

The HALOSEP process is a process for the treatment of ashes such as Flue Gas Waste (FGW) from incineration plants, bio fueled heating plants and filter ashes from secondary metal production.

From incineration plants using "wet flue gas cleaning" systems FGW is produced typically as a mixture of dry fly ash and heavy metal containing sludge from the neutralization of HCL scrubber liquid (in this report this mixture is referred to as "Wet FGW"). Gypsum is also produced as a separate stream from the flue gas cleaning. It is the mixture of dry fly ash and sludge (Wet FGW) which is transported and disposed at Langoya in Norway or in Germany. From incineration plants using "semi-dry flue gas cleaning" systems dry fly ash mixed with dry neutralization products are produced. No metal containing sludge is produced by this process (in in this report this mixture is referred to as "Semi-dry FGW"). The composition of these two flue gas cleaning products differs primarily on the content of Lime, which is significantly higher in Semi-dry FGW compared to Wet FGW)

From incineration plants using wet flue gas cleaning dry fly ash is cotreated with hot scrubber liquid coming directly from the HCL scrubber in the HALOSEP process. Some of the fly ash components are used for the neutralization of the scrubber liquid and simultaneously salts (SP), water and carbon dioxide are formed. The salt brine is purified by two stage precipitation. A salt product (SP2) and a heavy metal product (TMP) are produced. The treated fly ash (X-FGW) is stabilized having significantly improved leaching properties. Furthermore the X-FGW amount is reduced to less than 60 % of the Wet FGW amount. Using the HALOSEP process on an incineration plant using wet flue gas cleaning eliminates the formation of heavy metal sludge. The TMP product has a high Zink content and a different composition than heavy metal sludge.

From incineration plants using semi-dry flue gas cleaning "semi-dry FGW" is cotreated with scrubber liquid (from the HCL scrubber on a plant using wet flue gas cleaning) in the HALOSEP process. Both fly ash and surplus lime within the Semi-dry FGW are in this case used to neutralize the scrubber liquid and simultaneously salts (SP), water and carbon dioxide are formed. More salts are produced from the HALOSEP treatment of Semi-dry FGW compared to Wet FGW. The salt brine is purified by two stage precipitation. A salt product (SP2) and a heavy metal product (TMP) are produced. The treated fly ash (X-FGW) is stabilized having significantly improved leaching properties. Furthermore the X-FGW amount is reduced to less than 47 % of the Semi-dry FGW amount.

In cooperation with the Danish Hydraulic Institute (DHI) a comprehensive analytical program on treatment of both "wet" FGW and "semi-dry" FGW was planned. The main purpose was to obtain documentation on if the products from the HALOSEP process X-FGW, salt product (SP2) and heavy metal product (TMP) could be recycled and how these products should be handled.

The analytical programme has included chemical analysis of the HALOSEP feed materials wet FGW, semi-dry FGW, scrubber liquid and the products from the HALOSEP process X-FGW, OS (over sizes) salt product (SP2) and heavy metal product (TMP). Furthermore batch leaching tests (L:S=10) and column leaching tests (L:S=0,1, L:S=2 and L:S=10) on the product X-FGW have been performed.

Description of the tests

Wet FGW (fly ash) samples from the Vestforbrænding incineration plant were collected over a 16 weeks period from September 2011 to January 2012. Semi-dry FGW samples were collected from the Amagerforbrænding incineration plant from July 2012 to October 2012. The Amagerforbrænding incineration plant had just before the Semi-dry FGW sampling rebuilt the internal semi-dry FGW handling system in order to be able to recycle some of their semi-dry FGW from May 2012. The actual sampling was performed in cooperation with the Semi-dry FGW transportation company.

The HALOSEP pilot plant described in annex 1 was expanded in 2011 in order to carry out this project. In total 64 HALOSEP pilot plant tests were performed hereafter. In summary 32 pilot plant tests were done with wet FGW (fly ash)

from Vestforbrænding and 32 pilot plant tests were done with semi-dry FGW from Amagerforbrænding. Scrubber liquid from either plant 5 or plant 6 at Vestforbrænding was used during all 64 trials.

The 32 HALOSEP tests treating either wet FGW (fly ash) or semi-dry FGW was split into 16 trials operating at “high salt” concentration in the SP salt brine (operation form A) and 16 trials operating at “low salt” concentration in the SP salt brine (operation form B). Each of the 16 trials was again divided into 2 times 8 trials operating at similar process operating conditions. When wet FGW (fly ash) or semi-dry FGW were treated four collective samples of all HALOSEP products X-RGA, TMP, SP₁ operating form A, SP₂ operating form A, SP₁ operating form B, SP₂ operation form B including 2-3 collective samples OS (material > 1 mm grain size, that is removed in the HALOSEP process).

All solid or liquid samples from the HALOSEP trials with both wet FGW (fly ash) and semi-dry FGW were analyzed at Eurofins and DHI for their basic chemical composition. Batch leaching tests and column leaching tests with feed materials FGW (fly ash), semi-dry FGW and HALOSEP products X-FGW were performed at DHI.

Results: material amounts

The amount of Wet FGW send to disposal from Vestforbrænding is about 17.000 ton/yr. including the water content (from Ref 5 and Ref 6). Results from HALOSEP tests cotreating FGW (fly ash) and scrubber liquid have shown that the HALOSEP treated amount (X-FGW) can be reduced by about 39 % to 10.460 ton/yr. including the water content.

From the HALOSEP treatment trials of semi-dry FGW from Amagerforbrænding the reduction in the X-FGW amount for disposal is about 53 % on a dry matter basis or about 40 % including the water content compared to semi-dry FGW from Amagerforbrænding.

Results: disposal

In the Danish ordinance on disposal sites no. BEK 719/2011 (Ref. 3) there is three classes of disposal sites IA1, MA1 and FA1. A more detailed description of these classes can be seen in figure 2 (section 7.2).

All batch leaching tests using X-FGW from the HALOSEP treatment of both wet FGW (fly ash) from Vestforbrænding and semi-dry FGW from Amagerforbrænding have shown that all substance leaching results from X-RGA were in compliance with current limit values for disposal of the X-FGW material on Danish disposal sites class MA1 according to the Danish ordinance on disposal sites no. BEK 719/2011 (Ref 3).

Column leaching tests using X-FGW from Vestforbrænding have shown that all substance leaching results were in compliance with current limit values for disposal of the X-FGW material on Danish disposal sites class FA1 according to BEK 719/2011 (Ref 3). The measured leaching values for Antimony (Sb) were only slightly above the MA1 limit value for leaching of Antimony (Sb) at L:S=10.

Column leaching tests using X-FGW from HALOSEP high salt (operation form A) treatment of semi-dry FGW from Amagerforbrænding have shown that all substance leaching results were in compliance with current limit values for disposal of the X-FGW material on Danish disposal sites class FA1 according to BEK 719/2011 (Ref. 3). The measured leaching values for Antimony were slightly above the MA1 limit value for Sb at L:S=2 and L:S=10.

Column leaching tests using X-FGW from HALOSEP low salt (operation form B) treatment of semi-dry FGW from Amagerforbrænding have shown that all substance leaching results were in compliance with current limit values for disposal of the X-FGW material on Danish disposal sites class FA1 according to BEK 719/2011 (Ref. 3). A measured leaching value for Mercury (Hg) was slightly above the MA1 limit value for Mercury (Hg) at L:S=2. The Antimony (Sb) leaching is in this case in compliance with the limit value for disposal of the X-FGW material on Danish disposal sites class IA1 according to BEK 719/2011 (Ref. 3).

Results: classification

An evaluation on whether the concentrations of substances in the X-FGW leads to a classification of the X-FGW as hazardous waste according to the Danish ordinance on waste “Affaldsbekendgørelsen” BEK 1309 (Ref. 4) has been done.

It was found that X-FGW from wet FGW (fly ash) should be classified as hazardous waste according to BEK 1309 (Ref. 4) due to an average Lead (Pb) content of 6.550 mg/kg. The limit Lead (Pb) value for classification of waste as hazardous

waste is 5.000 mg/kg. It should be remarked that it was only one X-RGA sample that had a very high Lead (Pb) content of 11.000 mg/kg. It was also found that X-FGW from semi-dry FGW should be classified as mineral waste according to BEK 1309 (Ref. 4) due to a lower average Lead (Pb) content of 4.350 mg/kg.

The average Lead (Pb) content in 7 samples of X-FGW is 4.657 mg/kg (excluding one sample with a high Lead content) indicating that the limit Lead value 5.000 mg/kg for classification of the X-FGW material as mineral waste actually may be met. Also to be considered is the chemical analysis uncertainty which is estimated to be 10-15%.

Results: salt

The amount of salt product SP₂ formed by HALOSEP treatment of wet FGW (fly ash) from Vestforbrænding is about 30 % of the wet FGW (fly ash). The salt amount (dry matter) from Vestforbrænding is about 3.900 tons/yr. This amount of salt is equivalent to the average road salt consumption in the five municipalities Brøndby, Glostrup, Hvidovre, Albertslund and Rødovre for the period 2006-2008 (Ref. 1). The amount of salt product SP₂ from HALOSEP treatment of semi-dry FGW from Amagerforbrænding is about 50 % of the semi-dry FGW. The higher salt amount is caused by the higher Chloride (Cl) content in the semi-dry FGW and that the surplus Lime present in semi-dry FGW requires more scrubber liquid compared to wet FGW (fly ash).

Composition: salt

The composition of the salt brine product is a mixture of three salts. The salts are formed from both the wet FGW (fly ash), the semi-dry FGW and the scrubber liquid. Around 99 % of the salt brine mixture is the three salts Sodium chloride (NaCl), Calcium chloride (CaCl₂) and Potassium chloride (KCl). About 0,5 - 1 % of the salt brine mixture is Calcium sulphate (CaSO₄) and Magnesium sulphate (MgSO₄). Salt specifications for the composition of salt brine product SP₂ inclusive trace elements have been made. It has not been possible to find similar data for any commercial road salt products.

Reuse/application: salt

Evaluated from the SP₂ salt compositions it is possible to operate the HALOSEP process at both operating forms A or B when it is required. The salt brine product SP₂ may therefore be used as road salt provided that there is a market for the (liquid) road salt and that adequate storage capacity is established. In periods where road salt is not required (in the summer period) then the HALOSEP process can be switched to operation form B.

Results: heavy metal product

The amount of heavy metal product (TMP) dry matter from HALOSEP treatment of wet FGW from Vestforbrænding is about 2,8 % of the FGW (fly ash) or about 370 ton/yr. Including the water content the TMP amount is about 9 % of the FGW (fly ash). The TMP product has a high Zinc content up to 38 - 40 %.

A technical, economic and environmental assessment has concluded that the heavy metal product (TMP) from wet FGW (fly ash) should be sent to a Zinc recovery plant for Zinc metal recovery. It is both technically and economically feasible to wash and dry the TMP filter cakes in order to achieve a high Zinc content in the TMP product (38-40%). The TMP product represents an income of approx. 1.600 DKK/ton DM (dry matter).

The TMP from HALOSEP treatment of semi-dry FGW from Amagerforbrænding has a much lower Zinc content and therefore the TMP should be handled with X-FGW.

Results: oversize material

During HALOSEP treatment of FGW (fly ash) or semi-dry FGW small amounts of material having a grain size > 1 mm (OS material) are produced. The OS material is about 0,5 % of both wet FGW (fly ash) and semi-dry FGW or about 65 ton/yr. A high total organic carbon (TOC) content > 5 % has been measured in the OS material from wet FGW (fly ash). Therefore the OS material should be handled by returning the OS material to the incineration plant oven(s) in order to reduce the TOC content. The OS material coming from semi-dry FGW should be handled the same way by returning the OS material to the incineration plant oven(s).

Economy

A technical economic assessment of three HALOSEP scenarios has been compared with the present wet FGW disposal in Norway scenario for an incineration plant such as Vestforbrænding (base data from 2011 and 2012). This present FGW disposal scenario is compared with three different HALOSEP plant scenarios all having a plant capacity of 17.000 ton wet FGW per year. The three HALOSEP scenarios are:

1. Basic scenario incl. disposal of X-FGW, recycling of salt (only winter period) and incl. Zn-recycling
2. Discharge salt scenario incl. disposal of X-FGW, discharge of salt and incl. Zn-recycling
3. Discharge salt and Zn-disposal scenario incl. disposal of X-FGW, discharge of salt and TMP disposal

The combined annual costs for the present disposal of wet FGW in Langoya, neutralization of scrubber liquid and discharge of dilute saltwater has been calculated to about 18,4 mio. DKK (Ref. 5 and Ref. 6). This gives a combined treatment cost for wet FGW inclusive scrubber liquid treatment of 1.415 DKK per ton wet FGW (fly ash) including transport. Capital costs are not included.

The combined costs per ton wet FGW for each of the three HALOSEP scenarios have been compared with the present wet FGW disposal (in Langoya) scenario.

Scenario 1: basic scenario

The total treatment costs pr. ton wet FGW for the “HALOSEP basic” scenario is calculated to be about 842 DKK per ton of wet FGW (fly ash). This cost is about 40 % less than the present wet FGW disposal in Langoya treatment costs (capital costs not included).

Scenario 2: salt discharge scenario

The total treatment costs pr. ton wet FGW for the “HALOSEP discharge salt” scenario is calculated to be about 922 DKK pr. ton of wet FGW (fly ash). This cost is about 33 % less than the present wet FGW disposal in Langoya treatment costs (capital costs not included).

Scenario 3: salt discharge and TMP disposal scenario

The total treatment costs pr. ton wet FGW for the “HALOSEP discharge salt and TMP-disposal” scenario is calculated to be about 995 DKK per ton of wet FGW (fly ash). This cost is about 30 % less than the present wet FGW disposal in Langoya treatment costs (capital costs not included).

Economy summary

HALOSEP co-treatment of wet FGW (fly ash) and scrubber liquid make it possible to recover both salts and Zinc from incineration plants using wet flue gas cleaning systems. Up to 35-40 % of the wet FGW (fly ash) incl. the scrubber liquid can be recovered. For HALOSEP co-treatment of semi dry FGW and scrubber liquid up to 50-55% of the semi-dry FGW can be recovered (salts).

Recovery of X-FGW as an additive in concrete may be technically possible but this application requires further documentation. Economical and environmental savings from the recovery of Zinc and the recycling of salts are possible. Furthermore direct economic savings on the treatment of wet FGW (fly ash) or semi-dry FGW and scrubber liquid of 30-40 % seems feasible (capital costs not included).

1. Formål

Hovedformålet med dette projekt er at få dokumenteret hvordan produkterne fra HALOSEP processen dvs. behandlet røggasrensningsaffald (X-RGA) fra forbrændingsanlæg med henholdsvis våd og semi-tør røggasrensning, tungmetalprodukter samt salte kan behandles og hvordan disse fremadrettet skal håndteres.

Et andet mål er at få dokumenteret udvaskningsegenskaberne for behandlet RGA (X-RGA) i henhold til EU's Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg 2003/33/EF.

Endelig er målet at få vurderet omkostningerne til HALOSEP behandling af to forskellige RGA typer (wet RGA (flyveaske) og semi-tørt RGA) med anvendelse af to forskellige driftsformer A (udledning af salte) og B (genvinding af salte).

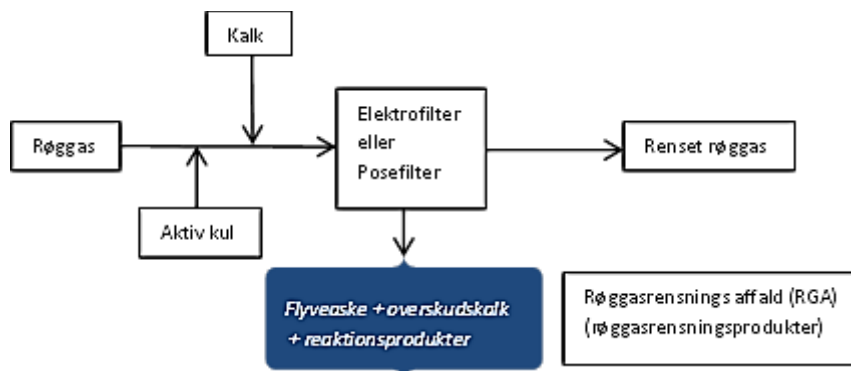
Det ønskes med dette projekt verificeret om de hidtidigt opnåede mængdereduktioner (op til 74 % for semi-tørt RGA og 49 % for wet RGA (flyveaske)) er robuste ved langtidstests med wet RGA (flyveaske) fra forbrændingsanlæg med våd røggasrensning og semi-tørt RGA fra forbrændingsanlæg med semi-tør røggasrensning.

2. Baggrund

Røgasrensingsprodukter dannes fordi forbrændingsanlæg skal overholde gældende krav til luftemissioner i røggassen. Der findes tre hovedprocesser til rensning af sure luftarter i røggassen: Tør, semi-tør og våd processer.

2.1 Semi-tør/tør proces

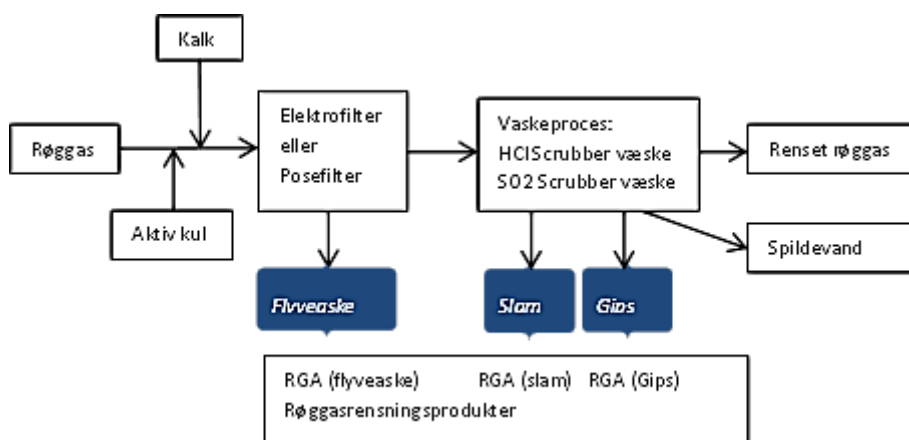
Ved tør og semi-tør proces indblæses kalk i røggasstrømmen. Ved semi-tør proces indføres der vand sammen med kalken, hvorimod kalken indføres alene ved tør proces. Reaktionsprodukter dannes og opsamles fra elektrofilteret eller posefilteret sammen med flyveaske og ureageret kalk (overskudskalk) (se figur 2.1). Fra et forbrændingsanlæg med semi-tør proces kaldes denne blanding semi-tørt RGA.



Figur 2.1: Røggasrensningss affald (semi-tørt RGA) fra semi-tør/tør proces

2.2 Våd proces

Ved den våde proces opsamles flyveasken fra elektrofilteret eller posefilteret inden røggassen renses for sure luftarter i den efterfølgende vaskeproces. Slam dannes i forbindelse med rensning af spildevandet fra vaskeprocessen, hvilket som regel sker ved at tilsætte kalk sammen med den organiske sulfidforbindelse TMT (trimercaptotriazin). Nogle anlæg blander efterfølgende slammet sammen med flyveasken, mens andre holder de to restprodukter hver for sig (se figur 2.2). Der produceres i nogle tilfælde desuden gips som et separat restprodukt fra våd proces.



Figur 2.2: Røggasrensningss affald RGA (flyveaske), RGA (slam) og RGA (gips) fra wet proces

På f.eks. Vestforbrænding er det røggasrensningssprodukterne RGA (flyveaske) og RGA (slam) der bliver blandet sammen til RGA typen "wet RGA". Wet RGA herfra sendes efterfølgende til deponering. Gips håndteres separat på Vestforbrænding.

Det ses fra figur 2.2, at når man behandler RGA (flyveaske) fra våd proces sammen med HCl scrubber væske fra våd proces i HALOSEP processen svarer dette overordnet set til behandling af RGA typen wet RGA.

2.3 Om RGA (flyveaske)

Der foreligger et omfattende datamateriale om den kemiske sammensætning af flyveaske fra forbrændingsanlæg. Det er gennem de seneste 20-25 år blevet påbudt ved lovkrav at rense røggassen fra affaldsforbrændingsanlæg for sure luftarter og der findes en betydelig mængde information om den kemiske sammensætning af røggasaffaldet (restprodukterne fra røggasrensningen). Typisk producerede mængder af røggasaffald fra affaldsforbrændingsanlæg ses i tabel 2.1 herunder.

Røggasrensings proces (RGA betegnelse)	RGA i kg/ton forbrændt affald	Kommentar
Tør Proces	20-50	Inkl. 10-30 kg flyveaske/ton
Semi-tør proces	15-40	Inkl. 10-30 kg flyveaske/ton
Våd proces	11-33 (tør vægt)	Inkl. 10-30 kg flyveaske/ton. Der produceres desuden spildevand, som danner slam ved rensning heraf.

Tabel 2.1: Typiske enhedsmængder for RGA fra røggasrensningen (Ref.7)

Miljøproblematiske stoffer i røggasaffaldet opstår som en direkte konsekvens af sammensætningen af det affald, der forbrændes. Der er således en direkte sammenhæng mellem tilførsel af tungmetaltholdige affaldsfraktioner, f.eks. el-skrot og indholdet af tungmetallerne i restprodukterne fra forbrændingsanlæg og deres miljøbelastning. Sammensætningen af RGA vil sandsynligvis ændre sig over de nærmeste år med øget udsortering af specialfraktioner som f.eks. el-skrot.

Ved HALOSEP behandling af røggasrensningsaffald (wet RGA (flyveaske) og scrubber væske eller semi-tørt RGA og scrubber væske) kan mængden af RGA til deponering reduceres med op til 35-45 % for wet RGA og op til 60-70 % for semi-tørt RGA på tørstofbasis. Der er tidligere blevet udført et begrænset antal pilotforsøg med behandling af RGA fra Amagerforbrænding og Vestforbrænding, som er beskrevet i nærværende rapports bilag 1. Herudover blev der, som en del af pilotforsøgene udført L:S=10 batch udvaskningstests på den behandlede RGA. Udvasningstestene i de tidligere udførte udvaskningstests omfattede ikke en række af de stoffer, som der i Rådsbeslutningen om deponering er opstillet acceptkriterier for. Udvasningstestene omfattede således ikke Ba, Mo, Ni, Sb, Se, F og DOC (opløst organisk kulstof).

I denne rapport søges det verificeret om de hidtidigt opnåede mængdereduktioner (35-45 % for wet RGA og 60-70 % for semitørt RGA) er robuste ved langtidstests med behandling af wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding og semitørt RGA fra Amagerforbrænding. Wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding og semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding behandles begge med scrubber væske fra Vestforbrænding. Der gennemføres tests med drift af HALOSEP pilotanlægget med to forskellige driftsformer A (genvinding af salte eller "høj salt") og B (udledning af salte eller "lav salt").

HALOSEP pilot anlægget er blevet udvidet med flere buffertanke samt en kammerfilterpresse til alternativ slutfafvanding af den behandlede RGA.

Der vil blive udført nye batch udvaskningstests samt kolonne udvaskningstests på behandlet RGA inklusive de stoffer der ikke blev analyseret for ved de tidligere udførte pilotforsøg (jf. bilag 1). Slutprodukterne fra HALOSEP processen dvs. behandlet RGA, tungmetalprodukt og salte vil blive analyseret for indhold af metaller og andre relevante stoffer. Dioxinindholdet i relevante slutprodukter vil blive undersøgt.

Slutprodukterne er i forsøget blevet detailundersøgt med henblik på deponering (f.eks. behandlet RGA) samt genvinding eller genanvendelse (f.eks. Zink og salt).

3. Ombygning HALOSEP anlæg

3.1 Flytning af anlæg fra Amager til Brøndby

HALOSEP anlægget som er indbygget i 2 containere blev indledningsvis flyttet fra Amager til Stena Metal i Brøndby. Billederne 1-4 giver et indtryk fra selve flytningen samt etableringen af anlægget i Brøndby.



BILLEDE 1: UDENDØRS PLACERING VINDMØLLEVEJ

Det var nødvendigt at etablere el, vand, trykluft samt nyt gulv afløb i den hal hvor HALOSEP anlægget skulle placeres.



BILLEDE 2: ETABLERING AF GULVAFLØB



BILLEDE 3: CONTAINER PÅ VEJ I HAL



BILLEDE 4: CONTAINER 1 PÅ PLADS OG CONTAINER 2 PÅ VEJ

3.2 Etablering af HALOSEP anlæg i Brøndby

Efter placeringen af de to containere i hallen skulle filterpressen integreres i anlægget. Desuden blev gulvet tætnet (billede 5) mod eventuelt spild fra forsøgene som aftalt i miljøgodkendelsen.



BILLEDE 5: GULV (FUGER) OG CONTAINERBUND TÆTNET MOD SPILD

Der blev fremstillet et nyt stativ til filterpressen for behandlet RGA, en ny buffertank for filtrat (returvand) fra filterpressen samt en ny slurry buffertank for indfødning til filterpressen. Filterpressen (billede 6) blev forbundet til pilotanlæggets skylletank samt til slurry buffertanken. Tanken for filtrat fra filterpressen blev forbundet til pilotanlæggets returvandstank.



BILLEDE 6: SLURRY BUFFERTANK (VENSTRE), FILTERPRESSE (MIDT), FILTRATTANK (HØJRE)

Scrubber væske fra Vestforbrænding samt saltprodukt fra forsøgene blev opsamlet i 1 m³ palletanke. Pilotanlægget blev udvidet med en ekstra buffertank for centrifugat (saltprodukt før fældning). Der blev også tilføjet en slurrypumpe til indfødnig af RGA slurry fra 200 L (blå) spændelågstønder til selve pilotanlæggets slurrytank. Herved kunne støvgener fra RGA under forsøgene praktisk taget helt undgås.



BILLEDE 7: CENTRIFUGAT BUFFERTANK (VENSTRE), RGA (SLURRY) INDFØDNING (HØJRE)

Under indkøringen af anlægget blev det afslutningsvis besluttet at udskifte transportøren for RGA fra centrifugen da den var vanskelig at rengøre.



BILLEDE 8: NY TRANSPORTØR FOR RGA FRA CENTRIFUGE TIL SKYLLETANK

Og endvidere måtte rotoren i centrifugen renses for belægninger før forsøgene kunne gennemføres. På billedet herunder ses monteringen af den rengjorte rotor.



BILLEDE 9: RENGJORT ROTOR MONTERES I CENTRIFUGEN

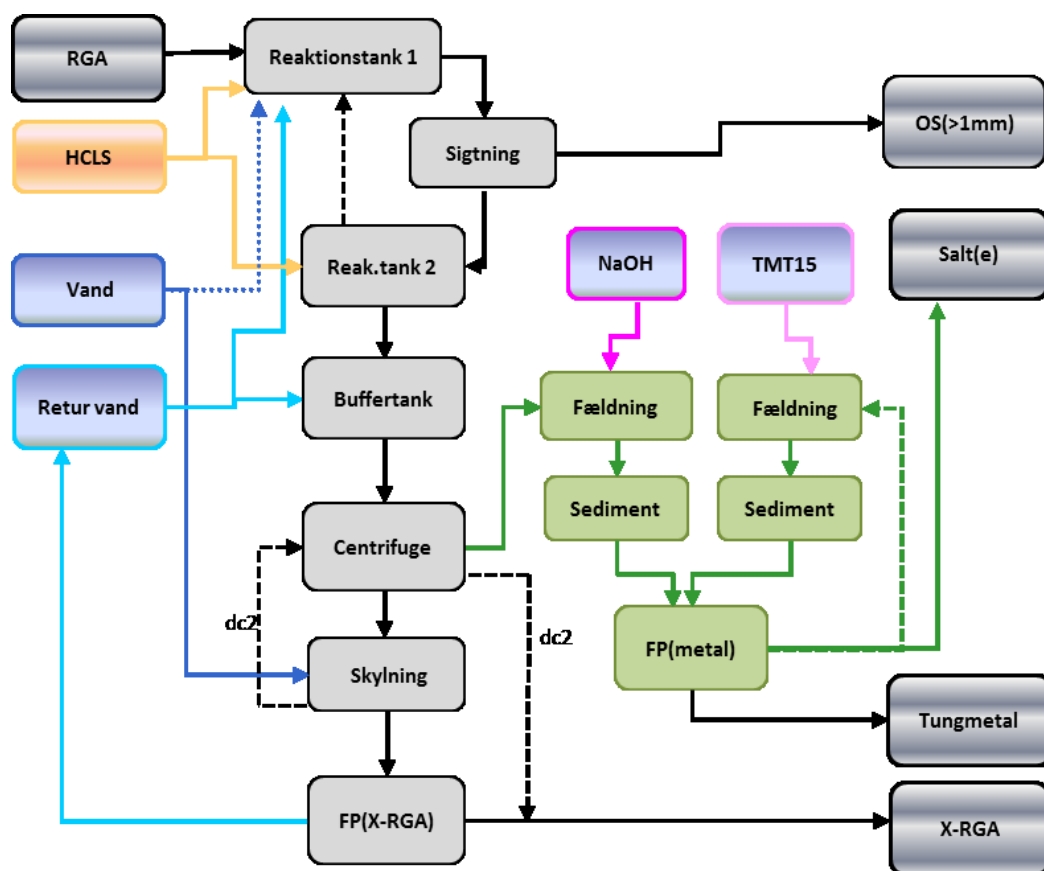
Efter en ny indkøring først med vand og efterfølgende med RGA slurry var anlægget klar til drift.

3.3 Flowsheet HALOSEP anlæg i Brøndby

Herunder ses et opdateret flowsheet for HALOSEP processen med det udvidede pilotanlæg (figur 3.1). Der er kun anvendt HCl scrubber væske (HCLS) fra Vestforbrænding ved RGA behandlingen. RGA er modtaget fra to forbrændingsanlæg, Vestforbrænding (wet RGA (flyveaske)) og Amagerforbrænding (semi-tørt RGA). Til skylning er der anvendt drikkevand. "Returvand (figur 3.1)" fremkommer ved skylning af RGA efter centrifugering.

Der fremkommer fire produktstrømme ved HALOSEP behandlingen.

1. Overstørrelser "OS" (RGA partikler >1mm)
2. Saltopløsning "SP" (opløst salt og dannet salt)
 - a. Driftsform A Høj salt
 - b. Driftsform B Lav salt
3. Tungmetaller "TMP" (tungmetalfilterkager fra fældning)
4. Behandlet RGA "X-RGA" (behandlet RGA (flyveaske)/semitørt RGA og scrubber væske)



Figur 3.1: Flowsheet for HALOSEP processen (ved driftsform "dc2" køres RGA to gange gennem centrifugen). RGA betyder RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding henholdsvis semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding.

4. Prøvetagning og analyser

4.1 Prøvetagning baggrund

Formålet med prøvetagningen er at udtage prøver, som viser den gennemsnitlige karakter af HALOSEP-produkterne over en 1-2 ugers driftsperiode. På baggrund af det ønsker man at konstatere, om en eller flere af de 8 kombinationer af restprodukt og driftsform kan give et slutprodukt, som ville kunne overholde kriterierne for deponering.

4.2 Prøvetagning procedure

Sammen med DHI er der udarbejdet en detaljeret procedure for prøvetagning af behandlet RGA fra HALOSEP processen (Se bilag 2). Denne prøvetagningsprocedure blev efterfølgende anvendt til udtagning af prøver der overholder krav til en grundlæggende karakterisering eller overensstemmelsestestning i henhold til BEK 719 (2011) (Ref. 3).

4.3 Prøvetagning af RGA og HCLS

4.3.1 Vestforbrænding

I samarbejde med Vestforbrænding blev der herefter etableret mulighed for prøvetagning af wet RGA (flyveaske) fra bunden af askesiloen på anlæg 5 (se billede 10 herunder). Prøvetagningsudstyret blev udført som et lukket system for at undgå støvgener ved prøvetagningen. Rå wet RGA (flyveaske) prøver opbevares i plastbeholdere med tætsluttende låg pga. reaktion med luftens kuldioxid

Prøvetagningen af wet RGA (flyveaske) på Vestforbrænding blev foretaget over en ca. 16 ugers periode fra september 2011 – januar 2012. Dette blev i praksis gennemført ved, at man på Vestforbrænding udtog 150-200 kg wet RGA (flyveaske) prøve fra askesiloen hver mandag. Wet RGA (flyveaske) prøver blev løbende sendt til Stena Metal. Der blev modtaget i alt 2.700 kg wet RGA (flyveaske) til indkøring, prøver og forsøg. Af de modtagne rå wet RGA (flyveaske) prøver blev der fremstillet 32 forsøgsbatche med ca. 76 kg wet RGA (flyveaske) i hver batch. I tabel 4.1 herunder ses en oversigt over hvad den modtagne mængde wet RGA (flyveaske) er anvendt til. Rest materialer fra indkøring blev returneret til Vestforbrænding.

Wet RGA (flyveaske) fra anlæg 5	Mængde (Kg)
Modtaget netto	2.700,0
Indkøring HALOSEP anlæg	200,0
Prøver dioxin—analyse	38,5
32 HALOSEP batch forsøg	2.418,0
Prøve til DTU-Byg	40,0

Tabel 4.1: Oversigt modtaget og anvendt wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding



BILLEDE 10: UDTAGNING AF WET RGA (FLYVEASKE) PRØVER PÅ VESTFORBRÆNDING ANLÆG 5

På billede 11 ses prøveudtagningsstedet for HCl scrubber væske (HCLS) ved HCl scrubber tanken på anlæg 5. Helt tilsvarende blev der også udtaget HCLS prøver fra HCl scrubber tanken på anlæg 6. Der blev udtaget scrubber væske prøver på minimum ca. 1 m³ i lukkede palletanke. Prøverne blev mærket "HCLS-A5-01", "HCLS-A5-02 osv. fra anlæg 5 og "HCLS-A6-01", "HCLS-A6-02 osv. fra anlæg 6.



BILLEDE 11: UDTAGNING AF "HCLS" SCRUBBER VÆSKE PRØVER PÅ VESTFORBRÆNDING ANLÆG 5

Der blev anvendt HCLS fra både anlæg 5 og anlæg 6 til forsøgene.

4.3.2 Amagerforbrænding

I samarbejde med Amagerforbrænding blev der udtaget prøver af semi-tørt RGA i perioden juli 2012 – oktober 2012. Amagerforbrænding havde inden prøvetagningen kunne gennemføres foretaget en ombygning på forbrændingsanlægget således, at semi-tørt RGA kunne recirkuleres internt fra ca. medio maj måned 2012. Det ville betyde, at sammensætningen af semi-tørt RGA vil kunne ændre sig under HALOSEP forsøgene. Det var forventet, at der kunne forventes et højere klorid indhold og et lavere kalkoverskud i semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding efter maj 2012. Selve prøvetagningen blev af logistiske årsager udført hos Bech Gruppen i Horsens.

Sambehandling af RGA og scrubber væske fra forbrændingsanlæg med HALOSEP processen

Prøvetagningen blev gennemført ved, at man hos Bech Gruppen udtog 60-100 kg semi-tørt RGA prøve fra hver asketransport som ankom fra Amagerforbrænding i perioden. Prøverne blev opsamlet i samme plastbeholdere med tætsluttende låg som anvendtes på Vestforbrænding. Semi-tørt RGA prøverne blev løbende sendt til Stena Metal. Der blev modtaget i alt 2.450 kg semi-tørt RGA til indkøring, prøver og forsøg. Af de modtagne rå semi-tørt RGA prøver blev der fremstillet 16 forsøgsbatche med ca. 38,4 kg semi-tørt RGA i hver batch og 16 forsøg med 26 kg i hver batch. I tabel 4.2 herunder ses en oversigt over hvad den modtagne mængde semi-tørt RGA er anvendt til.

Semi-tørt RGA fra AF	Mængde (Kg)
Modtaget netto	2.450,0
Indkøring HALOSEP anlæg	200,0
Prøver dioxin—analyse og karakterisering	49,0
32 HALOSEP batch forsøg	1.030,0
Rest retur	1.171,0

Tabel 4.2: Oversigt modtaget og anvendt semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding

4.3.3 Prøvetagning af rå og X-RGA til analyse

Prøvetagning af wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA er foretaget med et prøvespyd der er udformet på en sådan måde, at der kan udtages prøver der repræsenterer tøndens indhold vertikalt i op ca. 1 m dybde. Der er hermed udtaget delprøver af rå wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA fra alle 64 batche. Delprøverne er udtaget så de repræsenterer tøndens indhold både vertikalt og radiale (se billede 12).



BILLEDE 12: UDTAGNING AF RÅ WET RGA (FLYVEASKE) DELPRØVER FRA VESTFORBRÆNDING

Efter udtagning af delprøver blev samleprøven af rå wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA blandet ved at trille tønden rundt i hallen i nogle minutter (se billede 13). Prøvemængden blev afpasset så der kunne gennemføres en kemisk analyse af prøven samt efterfølgende batch- og kolonneudvaskningsforsøg.

Prøvetagning af behandlet RGA (X-RGA) blev foretaget ved at udtage en passende mængde filterkager fra filterpressen "FP X-RGA" (se billede 14). Prøvemængden blev afpasset så der kunne gennemføres en kemisk analyse af prøven samt efterfølgende batch- og kolonneudvaskningsforsøg.



BILLEDE 13: BLANDING AF RÅ WET RGA (FLYVEASKE) SAMLEPRØVER FRA VESTFORBRÆNDING



BILLEDE 14: BEHANDLET RGA (X-RGA) TIL SAMLEPRØVER FRA VESTFORBRÆNDING

4.4 Prøvetagning af HCSL, salte, TMP og OS

Prøvetagning af væske prøver (HCSL og saltopløsninger) blev foretaget med prøveoptager. Prøvemængden blev afpasset så der kunne gennemføres en kemisk analyse af prøven. Prøvetagning af tungmetaller (TMP) blev foretaget ved at udtage prøver af filterkager fra filterpressen "FP-metal" (billede 15).



BILLEDE 15: TUNGMETALFILTERKAGER (TMP) TIL SAMLEPRØVER FRA VESTFORBRÆNDING

Prøver af frasigtet materiale >1mm (OS) blev opsamlet i en plastbeholder under sigten og anvendtes direkte som prøvemateriale (billede 16).



BILLEDE 16: UDTAGNING AF PRØVER AF MATERIALE >1MM (OS)

4.5 Analyser rå RGA

Der blev udtaget tre forskellige samleprøver af rå wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA fra henholdsvis Vestforbrænding og Amagerforbrænding til kemisk analyse, dioxinanalyse samt batch- og kolonne udvaskningstest (se tabel 4.3).

Rå RGA samleprøver (VF/AF)	Nr.	Driftsform	Prøve anvendelse
VF01 – VF32	1	-	dioxinanalyse
VF01 – VF32	1	-	kemisk analyse
VF01 – VF32	1	-	batch udvaskningstest
VF01 - VF16	1A	høj salt	kemisk analyse
VF17 – VF32	1B	lav salt	kemisk analyse
AF01 - AF32	20	-	dioxinanalyse
AF01 - AF32	20	-	kemisk analyse
AF01 – AF32	20	-	batch udvaskningstest
AF01 – AF16	29	høj salt	kemisk analyse
AF17 – AF32	30	lav salt	kemisk analyse

Tabel 4.3: Oversigt over rå wet RGA (flyveaske) mrk. VF og semi-tørt RGA prøver mrk. AF til analyser mv.

Rå wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA kemiske analyseparametre var Alkalinitet, TS, vand, TOC, Cl, Br, F, Si, Al, Ca, Mg, Na, K, SO₄, Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Sn, Co, Zn, Ba, Mo, Sb og Se. Desuden blev der udført dioxinanalyse samt batch udvaskningstest på samleprøve nr. 1 og samleprøve nr. 20 (se tabel 4.3).

4.6 Analyser X-RGA

Der blev udtaget 4 samleprøver af X-RGA fra henholdsvis Vestforbrænding og Amagerforbrænding (se tabel 4.4) til dioxinanalyser, kemisk analyse samt batch- og kolonne udvaskningstests.

X-RGA samleprøver	Nr.	Driftsform	Prøve anvendelse
VF01 – VF08	7	VF Høj salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest
VF09 - VF16	8	VF Høj salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest
VF17 – VF24	14	VF Lav salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest
VF25 – VF32	18	VF Lav salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest
AF01 – AF08	27	AF Høj salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest
AF09 - AF16	28	AF Høj salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest
AF17 – AF24	37	AF Lav salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest
AF25 – AF32	42	AF Lav salt	Dioxinanalyse, kemisk analyse, batch- og kolonne udvaskningstest

Tabel 4.4: Oversigt over X-RGA prøver til dioxin- og kemisk analyse samt batch-og kolonneudvaskningstests

X-RGA analyseparametre var TS, vand, TOC, BTEX, PCB (nr.28, nr. 52, nr. 101, nr. 118, nr. 153 og nr. 180), Kulbrinter (C6-C10, C10-C15, C15-C20, C20-C25, C25-C35, C35-C40, Sum C6-C40), PAH (Naphtalen, Flouranthen, Benz(b+j+k)flouranthen, Benz(a)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Indeno(1,2,3-cd)pyren), Cl, Br, F, Si, Al, Ca, Mg, Na, K, SO₄, Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Sn, Co, Zn, Ba, Mo, Sb og Se.

Der blev udført dioxinanalyser på X-RGA prøver nr. 7, 8, 14, 18, 27, 28, 37 og 42. Batch udvaskningstest blev udført på X-RGA prøver nr. 7, 8, 14, 18, 27, 28, 37 og 42. Kolonneudvaskningstests blev udført på X-RGA prøver nr. 7, 8, 14, 27, 28, 37 og 42 (se tabel 4.4)

4.7 Analyser HCLS, Salte, TMP og RGA>1mm

Der blev i alt udtaget 8 samleprøver af scrubber væske (HCLS) fra anlæg 5 og anlæg 6 til kemisk analyse (se tabel 4.5).

HCLS prøver	Nr.	Driftsform	Prøve anvendelse
A5 - 04	2	Høj salt	Kemisk analyse
A6 - 02	3	Lav salt	Kemisk analyse
A6 - 03/04	11	Lav salt	Kemisk analyse
A5 - 05	21	Høj Salt	Kemisk analyse
A6 - 05	22	Lav salt	Kemisk analyse
A5 - 05/AC	31	Høj salt	Kemisk analyse
A5 - 06	32	Høj salt	Kemisk analyse
A5 -06/AC	33	Høj salt	Kemisk analyse

Tabel 4.5: Oversigt HCLS prøver fra VF (anlæg 5 og anlæg 6) til kemisk analyse

Salt fældning 1 (SP1)	Nr.	Driftsform	Prøve anvendelse
SP1 VF01-VF08	9	VF Høj salt	Kemisk analyse
SP1 VF09-VF16	10	VF Høj salt	Kemisk analyse
SP1 VF17-VF24	15	VF Lav salt	Kemisk analyse
SP1 VF25-VF32	19	VF Lav salt	Kemisk analyse
SP1 AF01-AF08	24	AF Høj salt	Kemisk analyse
SP1 AF09-AF16	25	AF Høj salt	Kemisk analyse
SP1 AF17-AF24	34	AF Lav salt	Kemisk analyse
SP1 AF25-AF32A	39	AF Lav salt	Kemisk analyse
SP1 AF25-AF32B	40	AF Lav salt	Kemisk analyse

Tabel 4.6: Oversigt saltopløsninger SP1 (fra fældning 1) prøver til kemisk analyse.

Der blev udtaget 9 samleprøver af saltopløsninger SP1 (efter fældning 1) til kemisk analyse (se tabel 4.6) og der blev udtaget 14 samleprøver af saltopløsninger SP2 (efter fældning 2) til kemisk analyse (se tabel 4.7).

Salt fældning 2 (SP2)	Nr.	Driftsform	Prøve anvendelse
SP2-TMT VF01-VF08	43	VF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-TMT VF09-VF16	44	VF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-TMT VF17-VF32	45	VF Lav salt	Kemisk analyse
SP2-TMT AF01-AF08	46	AF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-TMT AF09-AF16	47	AF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-TMT AF17-AF24	48	AF Lav salt	Kemisk analyse
SP2-TMT AF25-AF32	49	AF Lav salt	Kemisk analyse
SP2-AC VF01-VF08	50	VF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-AC VF09-VF16	51	VF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-AC VF17-VF32	52	VF Lav salt	Kemisk analyse
SP2-AC AF01-AF08	53	AF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-AC AF09-AF16	54	AF Høj salt	Kemisk analyse
SP2-AC AF17-AF24	55	AF Lav salt	Kemisk analyse
SP2-AC AF25-AF32	56	AF Lav salt	Kemisk analyse

Tabel 4.7: Oversigt saltopløsninger SP2 (fra fældning 2) prøver til kemisk analyse

Der blev udtaget 8 samleprøver af tungmetal filterkager (TMP) til kemisk analyse (se tabel 4.8).

Tungmetal prøver	Nr.	Driftsform	Prøve anvendelse
TMP VF01-VF16A	5	VF Høj salt	Kemisk analyse
TMP VF01-VF16B	6	VF Høj salt	Kemisk analyse
TMP VF17-VF24	13	VF Lav salt	Kemisk analyse
TMP VF25-VF32	17	VF Lav salt	Kemisk analyse
TMP AF01-AF08	26	AF Høj salt	Kemisk analyse
TMP AF09-AF16	35	AF Høj salt	Kemisk analyse
TMP AF17-AF24	36	AF Lav salt	Kemisk analyse
TMP AF25-AF32	42	AF Lav salt	Kemisk analyse

Tabel 4.8: Oversigt tungmetal filterkager (TMP) prøver til kemisk analyse

Der blev udtaget 5 samleprøver af RGA>1mm (OS) til kemisk analyse (se tabel 4.9).

RGA>1mm prøver	Nr.	Driftsform	Prøve anvendelse
OS VF01-VF16	4	VF Høj salt	Kemisk analyse
OS VF17-VF24	12	VF Lav salt	Kemisk analyse
OS VF25-VF32	16	VF Lav salt	Kemisk analyse
OS AF01-AF16	23	AF Høj salt	Kemisk analyse
OS AF17-AF32	38	AF Lav salt	Kemisk analyse

Tabel 4.9: Oversigt RGA>1mm (OS) til analyse

5. HALOSEP RGA behandling

5.1 Forsøgsplan wet RGA fra Vestforbrænding

HALOSEP sambehandling af wet RGA (flyveaske) med scrubber væske blev gennemført med anvendelse af to forskellige driftsformer.

Driftsform A (høj saltkoncentration) blev udført med henblik på at få undersøgt genvindingsmuligheder for salt og der produceredes en koncentreret saltopløsning. Driftsform B blev udført som eksempel på nuværende "State of the art" scenario, hvor saltvand udledes som spildevand i lighed med hvad der sker i dag på forbrændingsanlæg med våd røggasrensning. I tabel 5.1 ses en oversigt over de gennemførte 32 pilot forsøg med wet RGA (flyveaske) og HCLS fra VF.

Test nr.	Batch nr.	wet RGA (kg)	Driftsform	HCLS	HCLS (L)	L:S ₁	L:S ₂	pH ₂
1-8	VF01-VF08	603	A DC-DC	A5	904	4,5	5,0	8-9
9-16	VF09-VF16	605	A DC-FP	A5	928	4,5	5,0	8-9
17-24	VF17-VF24	605	B DC-FP	A6	2320	8	4	8-9
25-32	VF25-VF32	605	B DC-FP	A5	904	8	4,5	8-9

Tabel 5.1: Oversigt over de gennemførte tests. wet RGA= wet RGA (flyveaske). pH₂=pH behandlet X-RGA.

DC=Centrifuge. FP=filterpresse. A5= Vestforbrænding oven linje 5. A6= Vestforbrænding oven linje 6.

Af tabel 5.1 ses det, at der blev gennemført i alt 16 forsøg med driftsform A (høj salt) og 16 forsøg med driftsform B (lav salt). Væske tørstof forholdet (L:S) blev valgt med baggrund i de tidligere udførte forsøg (Bilag 1).

Der blev undersøgt to alternative afvandingsteknikker efter skylning i andet trin. I test nr.1-8 (VF01 – VF08) blev der anvendt centrifuge (DC) til væske faststof separation efter reaktionen ved L:S₁. Og der blev igen anvendt centrifuge (DC) til væske faststof separation efter skylning ved L:S₂. I test 2 (VF09-VF16), test 3 (VF17-VF24) og test 4 (VF25 – VF32) blev der anvendt centrifuge (DC) til væske faststof separation efter reaktionen ved L:S₁ og filterpresse (FP-RGA) til væske faststof separation efter skylning ved L:S₂.

For at imødegå større variationer i wet RGA (flyveaske) sammensætningen bliver der jævnlige målt pH i slurrytanken. pH bliver justeret ved at variere mængden af tilsat HCLS samt reaktionstiden. Det er pH₂ i den behandlede RGA (X-RGA) ved L:S₂ efter reaktionen, som styrer doseringen af HCLS (scrubber væske) til slurrytanken.

5.2 Forsøgsplan semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding

I tabel 5.2 ses en oversigt over de gennemførte 32 pilot forsøg med semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding og HCLS fra Vestforbrænding.

Test nr.	Batch nr.	Semi-tørt RGA (kg)	Driftsform	HCLS	HCLS (L)	L:S ₁	L:S ₂	pH ₂
1-8	AF01-AF08	307	A DC-FP	A5	1200	5,4	10	8-9
9-16	AF09-AF16	307	A DC-FP	A5	1104	5,2	14	8-9
17-24	AF17-AF24	208	B DC-FP	A6	1576	15	5	8-9
25-32	AF25-AF32	208	B DC-FP	A6	1576	11	14	8-9

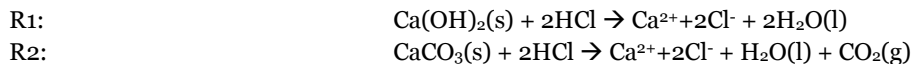
Tabel 5.2: Oversigt over de gennemførte tests med semi-tørt RGA fra AF. (pH₂=pH behandlet X-RGA). DC=Centrifuge.

FP=filterpresse. A5= Vestforbrænding oven linje 5. A6= Vestforbrænding oven linje 6.

Af tabel 5.2 ses det, at der blev gennemført i alt 16 forsøg med driftsform A (høj salt) og 16 forsøg med driftsform B (lav salt). Væske tørstof forholdet (L:S) blev valgt med baggrund i de tidligere udførte forsøg (Bilag 1).

5.3 Tørstof (TS) reaktioner

Når wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA opslemmes i vand og der herefter tilsættes HCLs til opslemningen sker der to typer reaktioner. For det første opløses vandopløselige salte som f.eks. NaCl, KCl og CaCl₂. For det andet sker der kemiske reaktioner mellem visse af flyveaskens stoffer og saltsyre (HCl) indeholdt den tilsatte HCLs. Visse faste stoffer såsom kalk og kridt kan reagere med scrubber væskens HCl indhold. Herunder ses typiske reaktioner for kalk (R1) og kridt (R2).



Ved disse reaktioner og andre lignende reaktioner omdannes noget tørstof i flyveasken til opløste salte i vandfasen. Ved begge reaktioner R1 og R2 dannes der calciumklorid i opløsning. I disse tilfælde stammer klorindholdet i det dannede calciumklorid salt udelukkende fra scrubber væsken. Den dannede mængde salt (tørstof) består altså af tørstof fra flyveasken og klor fra scrubber væsken.

5.3.1 Tørstof reduktion wet RGA

I tabel 5.3 herunder ses en oversigt over de målte tørstofreduktioner for wet RGA (flyveaske) fra VF ved den valgte HALOSEP wet RGA (flyveaske) behandling.

Test nr.	Batch nr.	Wet RGA (flyveaske) (kg)	Drift-form	Behandlet RGA (TS) (kg)	Tørstof reduktion %	TS red (gn.snit) %
1	VF01-VF08	603	A	364 (394)	39,7 (34,8)	36,0
2	VF09-VF16	605	A	410 (381)	32,3 (37,1)	
<u>"1-2"</u>	<u>VF01-VF16</u>	<u>1.208</u>	<u>A</u>			
3	VF17-VF24	605	B	343 (363)	43,3 (40,0)	
4	VF25-VF32	605	B	381 (361)	37,0 (40,3)	40,1
<u>"3-4"</u>	<u>VF17-VF32</u>	<u>1.210</u>	<u>B</u>			

Tabel 5.3: Oversigt over de opnåede wet RGA (flyveaske) tørstof reduktioner. I kolonne 5 og 6 er data i parentes korrigeret for "carry-over" af tørstof fra test 1 til test 2 (29 kg) og fra test 3 til test 4 (20 kg)

5.3.2 Tørstof reduktion semi-tørt RGA

I tabel 5.4 herunder ses en oversigt over de målte tørstofreduktioner for semi-tørt RGA fra AF ved den valgte HALOSEP semi-tørt RGA behandling.

Test nr.	Batch nr.	Semi-tørt RGA (kg)	Drift-form	Behandlet RGA (TS) (kg)	Tørstof reduktion %	TS red (gn.snit) %
1-8	AF01-AF08	308	A	107 (134)	65,3 (56,4)	54,5
9-16	AF09-AF16	308	A	173 (145)	43,4 (52,6)	
<u>1-16</u>	<u>AF01-AF16</u>	<u>616</u>	<u>A</u>			
17-24	AF17-AF24	208	B	104 (104)	50,0 (50,0)	
25-32	AF25-AF32	208	B	94 (102)	55,0 (51,0)	50,5
<u>17-32</u>	<u>AF17-AF32</u>	<u>416</u>	<u>B</u>			

Tabel 5.4: Oversigt over de opnåede semi-tørt RGA tørstof reduktioner. I kolonne 5 og 6 er data i parentes korrigeret for "carry-over" af tørstof fra test 1 til test 2 (29 kg) og fra test 3 til test 4 (20 kg)

5.4 Salt produktion

Som nævnt i afsnit 5.3 dannes der en saltopløsning ved opslemning af wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA i vand. Til opslemningen af RGA i slurrytanken anvendes returvand, som er et filtrat der kommer fra afvanding af slurryen ved L:S₂. Returvandet har et lavt saltindhold. Der dannes mere salt ved reaktion mellem mineraler i wet RGA (flyveaske) eller semitørt RGA med scrubber væske, hvorved mængden af opløst salt i slurryen stiger.

5.4.1 Salt fra wet RGA (VF)

Ved Driftsform A (høj salt) er der tilsat scrubber væske og returvand ved L:S₁, således at den beregnede saltkoncentration bliver 8-10 %. Ved driftsform B (lav salt) er der tilsat scrubber væske og returvand ved L:S₁ således at den beregnede saltkoncentration bliver 3-4 %.

Ved væske faststof separation i centrifugen adskilles slurryen i en saltopløsning og behandlet RGA (før skylning). Saltopløsningen fra centrifugen indeholder små mængder suspenderet stof og tungmetaller i opløsning. Det suspenderede stof samt opløste tungmetaller renses fra saltopløsningen som vist på flowsheet i figur 1. Oprensningen af saltopløsningen foregår i to trin. I første trin produceres en saltopløsning fra fældning med NaOH i trin 1. Denne saltopløsning kaldes saltprodukt 1 (SP1).

Fældning af SP1 er udført med TMT15 (en 15 % vandig opløsning af Tri mercapto-s-triazine, tri natrium salt) i trin 2. Denne saltopløsning kaldes saltprodukt 2 (SP2).

I tabel 5.5 herunder ses en oversigt over saltkoncentration og saltmængde i saltopløsning SP1. Saltmængden er inklusive krystalvand. Saltkoncentration og saltmængde data i parentes i kolonne 5 og 6 i tabel 5.5 er eksklusive krystalvand

Test nr.	Batch nr.	Drift-form	wet RGA (flyveaske) (kg)	Konc. Saltopl. % (w/w)	SP1 Salt mængde kg (TS)	Salt i % af RGA ind
1-8	VF01-VF08	A	603	8,5 (6,9)	142 (117)	23,5 (19,4)
9-16	VF09-VF16	A	605	9,3 (7,0)	157 (119)	26,0 (19,7)
17-24	VF17-VF24	B	605	3,9 (3,0)	188 (145)	31,0 (24,0)
25-32	VF25-VF32	B	605	3,8 (3,2)	183 (153)	30,2 (25,2)

Tabel 5.5: Oversigt over saltkoncentrationer % (w/w) i saltprodukterne fra test 1 ved henholdsvis driftsform A (høj salt) og B (lav salt). Data i parentes (approx. saltmængde eksklusiv krystalvand)

Af den dannede saltmængde (SP1) stammer ca. 55-60 % fra wet RGA (flyveaske) og ca. 40-45 % fra scrubber væsken.

5.4.2 Salt fra semi-tørt RGA (AF)

Ved Driftsform A (høj salt) er der tilsat scrubber væske og returvand ved L:S₁, således at den beregnede saltkoncentration bliver 14-16 %. Ved driftsform B (lav salt) er der tilsat scrubber væske og returvand ved L:S₁ således at den beregnede saltkoncentration bliver 3-4 %.

Saltopløsning SP1 og SP2 produceres som beskrevet i afsnit 5.4.1.

I tabel 5.6 herunder ses en oversigt over saltkoncentration og saltmængde i saltopløsning SP1. Saltmængden er inklusive krystalvand. Saltkoncentration og saltmængde data i parentes i kolonne 5 og 6 i tabel 5.6 er eksklusive krystalvand

Test nr.	Batch nr.	Drift-form	Semi-tørt RGA (kg)	Konc. Saltopl. % (w/w)	SP1 Salt mængde kg (TS)	Salt i % af RGA ind
1-8	AF01-AF08	A	308	12,8 (10,4)	192 (156)	62,2 (50,6)
9-16	AF09-AF16	A	308	13,4 (10,9)	201 (163)	65,2 (52,9)
17-24	AF17-AF24	B	208	4,9 (4,0)	147 (120)	70,6 (57,7)
25-32	AF25-AF32	B	208	4,4 (3,6)	132 (108)	63,4 (51,9)

Tabel 5.6: Oversigt over saltkoncentrationer % (w/w) og saltmængder i saltprodukterne fra test 1 ved henholdsvis driftsform A (høj salt) og B (lav salt). Data i parentes (approx. saltkoncentration og saltmængde eksklusiv krystalvand)

Af den dannede saltmængde (SP1) stammer ca. 50-55 % fra semi-tørt RGA og ca. 45-50 % fra scrubber væsken.

5.5 Tungmetal filterkager

Som nævnt i afsnit 5.4 dannedes der en tungmetaltholdig filterkage ved fældning og filtrering af saltopløsningen.

5.5.1 TMP fra wet RGA (VF)

I tabel 5.7 herunder ses mængden af tungmetaltholdig filterkage (TMP) i samtlige wet RGA (flyveaske) tests. Mængden af TMP udgør i gennemsnit ca. 3 % (w/w) ved driftsform A og ca. 4,3 % ved driftsform B.

Test nr.	Batch nr.	Drift-form	wet RGA (flyveaske) (kg)	TMP mængde kg (TS)	TMP % (w/w)
1-8	VF01-VF08	A	603	15,1	2,5
9-16	VF09-VF16	A	605	20,6	3,4
<u>"1-16"</u>	<u>VF01-VF16</u>	<u>A</u>			3,0
17-24	VF17-VF24	B	605	29,8	4,9
25-32	VF25-VF32	B	605	23,2	3,8
<u>"17-32"</u>	<u>VF17-VF32</u>	<u>B</u>			4,3
<u>"1-32"</u>	<u>VF01-VF32</u>	<u>A&B</u>			3,7

Tabel 5.7: Oversigt over tungmetal filterkage mængder fra wet RGA (flyveaske) test 1-32 ved henholdsvis driftsform A (høj salt) og B (lav salt)

5.5.2 TMP fra semi-tørt RGA (AF)

I tabel 5.8 herunder ses mængden af tungmetaltholdig filterkage (TMP) i samtlige semi-tørt RGA tests. Mængden af TMP udgør i gennemsnit ca. 5,4 % (w/w) ved driftsform A og ca. 4,6 % ved driftsform B.

Test nr.	Batch nr.	Driftform	Semi-tørt RGA (kg)	TMP mængde kg (TS)	TMP % (w/w)
<u>"1-16"</u>	<u>AF01-AF16</u>	<u>A</u>	616	33,6	5,4
<u>"17-32"</u>	<u>AF17-AF32</u>	<u>B</u>	416	19,9	4,6
<u>"1-32"</u>	<u>AF01-AF32</u>	<u>A&B</u>	1034		5,0

Tabel 5.8: Oversigt over tungmetal filterkage mængder fra semi-tørt RGA test 1-32 ved henholdsvis driftsform A (høj salt) og B (lav salt)

5.6 RGA > 1mm (OS)

Frasigtet RGA materiale større end 1 mm (OS) udgør en relativt lille mængde materiale på ca. 0,55 % i gennemsnit.

5.6.1 OS fra wet RGA (VF)

I tabel 5.9 herunder ses OS mængden ved de fire tests. Det ses, at OS mængden i gennemsnit udgør ca. 0,46 % (w/w).

Test nr.	Batch nr.	Drift form	Wet RGA (flyveaske) (kg)	OS mængde kg (TS)	TMP % (w/w)
1-8	VF01-VF08	A	603	1,5	0,25
9-16	VF09-VF16	A	605	3,1	0,51
<u>"1-16"</u>	<u>VF01-VF16</u>	<u>A</u>			0,38
17-24	VF17-VF24	B	605	3,8	0,63
25-32	VF25-VF32	B	605	2,7	0,45
<u>"17-32"</u>	<u>VF17-VF32</u>	<u>B</u>			0,54
<u>"1-32"</u>	<u>VF01-VF32</u>	<u>A&B</u>			0,46

Tabel 5.9: Mængder af wet RGA(flyveaske) > 1mm (OS) ved test 1-32 ved henh. driftsform A (høj salt) og B (lav salt)

5.6.2 OS fra Semi-tørt RGA (AF)

Mængden af OS fra forsøg med semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding er samlet i tabel 5.10 herunder. Det ses, at OS mængden i gennemsnit udgør ca. 0,67 % (w/w)

Test nr.	Batch nr.	Drift-Form	Semi-tørt RGA (kg)	OS mængde Kg (TS)	TMP % (w/w)
<u>"1-16"</u>	<u>AF01-AF16</u>	<u>A</u>	616	<u>2,8</u>	0,45
<u>"17-32"</u>	<u>AF17-AF32</u>	<u>B</u>	416	<u>4,2</u>	1,00
<u>"1-32"</u>	<u>AF01-AF32</u>	<u>A&B</u>	<u>1032</u>	<u>7,0</u>	0,67

Tabel 5.10: Mængder af semi-tørt RGA > 1mm (OS) ved test 1-32 ved henholdsvis driftsform A (høj salt) og B (lav salt)

6. Kemiske analyser

6.1 HALOSEP indgående materialer

Indgående materialer til processen er wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA og HCLS. Til skylning anvendes desuden vand.

6.1.1 Wet RGA fra Vestforbrænding

Rå wet RGA (flyveaske) er analyseret som beskrevet i afsnit 4.6. På samleprøve VF01-32 (prøve nr. 1) er der gennemført dioxinanalyse, kemisk analyse samt en L:S=10 batchudvaskningstest. På delprøver VF01-16 (prøve nr. 1A, driftsform A, høj salt) samt VF17-32 (prøve nr. 1B, driftsform B, lav salt) er der gennemført kemiske analyser.

I tabel 6.1 ses sammensætningen af rå wet RGA (flyveaske) prøve 1A og prøve 1B. Det skal bemærkes, at dioxindata er fra prøve nr. 1.

Parameter		wet RGA VF1-16	wet RGA VF17-32	wet RGA (middel)
Tørstof		99	96	97,5
Dioxiner og Furaner	I-TEC(ng/kg TS)	134	134	134
Alkalinitet	mmol/kg ts	7.000	6.700	6.850
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	7.600	4.200	5.900
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	32.000	33.000	32.500
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	500	400	450
Arsen (As)	mg/kg ts.	290	280	285
Barium (Ba)	mg/kg ts.	860	840	850
Bly (Pb)	mg/kg ts.	5.400	5.400	5.400
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	280	240	260
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	200.000	210.000	205.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	83.000	59.000	71.000
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	160	160	160
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	23	23	23
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	180	200	190
Kalium (K)	mg/kg ts.	62.000	51.000	56.500
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	1.400	1.200	1.300
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	3	3	3
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	17.000	18.000	17.500
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	21	19	20
Natrium (Na)	mg/kg ts.	58.000	48.000	53.000
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	64	70	67
Selen (Se)	mg/kg ts.	11	9	10
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	41.000	53.000	47.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	37.000	35.000	36.000
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	1.121	963	1.042
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	910	790	850

Tabel 6.1: Sammensætning af rå wet RGA = wet RGA (flyveaske) prøver 1A, 1B (udvalgte parametre). Prøvenumre ses i bilag 3.

Det ses af tabel 6.1, at wet RGA (flyveaske) blyindholdet i gennemsnit er 5.400 mg/kg, hvilket er over grænsen (5.000 mg/kg) for klassificering af indgående wet RGA (flyveaske) som farligt affald i henhold til Ref. 3.

6.1.2 Semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding

Rå semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding analyseret som beskrevet i afsnit 4.6. På samleprøve AF01-32 (prøve nr. 20) er der gennemført dioxinanalyse. På delprøver AF01-16 (prøve nr. 29, driftsform A, høj salt) samt AF17-32 (prøve nr. 30, driftsform B, lav salt) er der gennemført kemiske analyser samt en L:S=10 batchudvaskningstest.

I tabel 6.2 ses sammensætningen af henholdsvis prøve 29 og prøve 30.

Parameter		RGA AF01-16	RGA AF17-32	RGA middel
Tørstof		99	99	99,0
Dioxiner og Furaner	I-TEC(ng/kg TS)	142	145	144
Alkalinitet	mmol/kg TS	12.000	11.000	11.500
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	3.300	4.000	3.650
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	8.900	19.000	13.950
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	410	490	450
Arsen (As)	mg/kg ts.	120	180	150
Barium (Ba)	mg/kg ts.	260	650	455
Bly (Pb)	mg/kg ts.	2.300	2.400	2.350
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	74	71	73
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	300.000	280.000	290.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	120.000	150.000	135.000
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	96	150	123
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	9	16	13
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	160	220	190
Kalium (K)	mg/kg ts.	25.000	27.000	26.000
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	310	420	365
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	8	7	7,3
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	300	410	355
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	5	6	5
Natrium (Na)	mg/kg ts.	15.000	22.000	18.500
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	20	34	27
Selen (Se)	mg/kg ts.	na	na	na
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	24.000	16.000	20.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	9.900	12.000	10.950
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	440	490	465
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	<500	9.900	na

Tabel 6.2: Sammensætning af rå RGA_{IND} prøver 29,30 (udvalgte parametre). Prøvenumre ses i bilag 3. (na= ikke analyseret)

Det ses af tabel 6.2, at semi-tørt RGA blyindholdet i gennemsnit er 2.350 mg/kg, hvilket er under grænsen (5.000 mg/kg) for klassificering af indgående semi-tørt RGA som farligt affald i henhold til Ref. 3.

6.2 HCLS (scrubber væske fra VF)

Scrubber væske (HCLS) er analyseret som beskrevet i afsnit 4.8. På udvalgte HCLS prøver fra anlæg A5 og A6 er der gennemført en kemisk analyse. Resultaterne for udvalgte parametre er samlet i tabel 6.3.

Parameter	HCLS-A5-04	HCLS-A5-05	HCLS-A5-06	HCLS-A6-02	HCLS-A6-05
pH (DHI)	-0,4	-0,44	-0,38	-0,11	na
NVOC, ikke flygt.org.carbon	mg/l	12	15	18	4
Ammoniak+ammonium-N, filt.	mg/l	35	42	41	14
Aluminium (Al), opløst	mg/l	5,4	25	7,7	0,5
Bor (B), opløst	mg/l	17	25	25	5,7
Bromid	mg/l	360	340	370	170
Calcium (Ca), opløst	mg/l	420	340	320	220
Chlorid, filtreret	mg/l	79.000	75.000	82.000	27.000
Jern (Fe), opløst	mg/l	19	70	75	5
Magnesium (Mg), opløst	mg/l	56	56	54	30
Mangan (Mn), opløst	mg/l	1,1	1,7	1,7	0,13
Natrium (Na), opløst	mg/l	1.700	1.400	1.400	96
Sulfat, filtreret	mg/l	2.800	2.800	3.000	400
Tin (Sn), opløst	mg/l	13	11	15	0,032
Antimon (Sb), opløst	mg/l	13	8,5	15	0,035
Arsen (As), opløst	mg/l	11	2	2,1	0,0051
Barium (Ba), opløst	mg/l	1,6	0,9	1,1	0,15
Bly (Pb), opløst	mg/l	73	72	77	0,18
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	3	3,2	3,7	0,0064
Chrom (Cr), opløst	mg/l	0,42	0,49	0,49	0,0052
Fluorid, filtreret	mg/l	37	710	75	42
Kalium (K), opløst	mg/l	820	700	760	7,7
Kobber (Cu), opløst	mg/l	11	15	9	0,032
Kviksølv (Hg), opløst	mg/l	7,1	1,4	10	0,043
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,087	0,078	0,078	0,0023
Nikkel (Ni), opløst	mg/l	0,14	0,19	0,19	0,005
Selen (Se), opløst	mg/l	0,0059	0,015	0,034	0,0014
Zink (Zn), opløst	mg/l	340	410	450	0,81

Tabel 6.3: Sammensætning af HCLS fra anlæg 5 og anlæg 6 på udvalgte VF prøver nr. 2, 3, 21, 22 og 32 (udvalgte parametre)

Det ses af tabel 6.3, at klorbrintekoncentrationen C_{HCl} i scrubber væske fra A5 udgør omkring 2,4-2,7 mol/L medens C_{HCl} i scrubber væske fra A6 ligger på omkring 1 mol/L. Endvidere ses, at tungmetalindholdet i scrubber væske fra A5 typisk er 100-1000 gange højere end tungmetalindholdet i scrubber væske fra A6. Årsagen til denne forskel skyldes formentlig, at der er et posefilter indsat før quench scrubberen ved anlæg 6 medens der er et elektrofilter indsat før quench scrubberen i anlæg 5. Partikeludskilningen er bedst i posefilteret og sammenholdt med, at tungmetaller typisk sidder på overfladen af partikler kan dette forklare den store forskel i tungmetalindhold.

6.3 Produkter fra HALOSEP processen

Produkterne fra HALOSEP processen udgøres af OS (RGA materiale > 1mm), SP2 (saltprodukt), TMP (tungmetalprodukt) og X-RGA (behandlet RGA).

6.3.1 OS (RGA > 1mm)

OS (RGA > 1mm) er analyseret som beskrevet i afsnit 4.8.

6.3.1.1 OS (RGA>1mm) fra Vestforbrænding

Sammensætningen af OS fra wet RGA (flyveaske) for udvalgte parametre ses i tabel 6.4.

Parameter		OS VF1-16	OS VF17-32	OS VF25-32
Dioxiner og Furaner	I-TEC (ng/kg TS)	211	na	na
Alkalinitet	mmol/kg ts	3.900	2.900	3.800
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	74.000	44.000	31.000
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	39.000	25.000	26.000
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	170	260	110
Arsen (As)	mg/kg ts.	230	330	160
Barium (Ba)	mg/kg ts.	780	510	670
Bly (Pb)	mg/kg ts.	4.900	11.000	4.300
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	140	130	64
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	160.000	160.000	150.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	34.000	29.000	17.000
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	160	140	150
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	16	16	22
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	49	65	8
Kalium (K)	mg/kg ts.	19.000	60.000	18.000
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	1.100	900	680
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	16	2	3
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	13.000	9.900	9.700
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	14	11	8
Natrium (Na)	mg/kg ts.	16.000	27.000	10.000
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	60	54	58
Selen (Se)	mg/kg ts.	6	4	2
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	24.000	80.000	21.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	26.000	27.000	16.000
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	631	722	410
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	790	1.550	<986

Tabel 6.4: Sammensætning af OS, prøver nr. 4 (VF01-16), nr. 12 (VF17-24) og nr. 16 (VF25-32) - udvalgte parametre. (na= ikke analyseret)

Det ses af tabel 6.4, at TOC indholdet er højt ca. 7,4 % i prøve 4 medens TOC indholdet i de øvrige prøver udgør 3,2-4,4 %.

Endvidere bemærkes det, at blyindholdet i prøve 12 (Pb=11.000 mg/kg) mere end dobbelt så højt som i de øvrige prøver (4.600 mg/kg i gennemsnit). Det bemærkedes, at wet RGA (flyveaske) materialet som blev modtaget i en del af denne periode (VF RGA prøver 17-24) var af en anden karakter (farve og densitet) end de øvrige modtagne prøver. Blyindholdet i OS prøverne 4 og 16 er ca. 20 % under det målte blyindhold i den indgående wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding.

6.3.1.2 OS (RGA > 1mm) fra Amagerforbrænding

Sammensætningen af OS fra semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding ses i tabel 6.5. Det ses af tabel 6.5, at TOC indholdet i OS fra semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding er ca. 10 gange lavere end TOC indholdet i OS fra wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding. TOC indholdet i OS fra semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding udgør ca. 0,4-0,8 %.

Endvidere bemærkes det, at blyindholdet i begge OS prøver nr. 23 og nr. 38 kun er 2.400 - 2.700 mg/kg. Dette blyindhold er betydeligt under grænsen på 5.000 mg/kg som var grænsen for hvornår materialet skal klassificeres som farligt affald iht. Ref. 3.

Parameter		OS AF1-16	OS AF17-32
Dioxiner og Furaner	I-TEC (ng/kg TS)	211	na
Alkalinitet	mmol/kg ts	6.900	11.000
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	7.800	4.000
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	20.000	19.000
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	510	490
Arsen (As)	mg/kg ts.	150	180
Barium (Ba)	mg/kg ts.	530	650
Bly (Pb)	mg/kg ts.	2.700	2.400
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	83	71
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	230.000	280.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	50.000	150.000
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	200	150
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	19	16
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	55	220
Kalium (K)	mg/kg ts.	14.000	27.000
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	410	420
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	9	7
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	400	410
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	8	6
Natrium (Na)	mg/kg ts.	6.900	22.000
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	47	34
Selen (Se)	mg/kg ts.	na	na
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	19.000	16.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	13.000	12.000
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	450	490
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	22.000	9.900

Tabel 6.5: Sammensætning af OS fra semi-tørt RGA, prøver nr. 23 (AF01-16), og nr. 38 (AF17-32) - udvalgte parametre. (na= ikke analyseret)

OS fra semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding har et meget højt saltindhold på skønsmæssigt 15-20 % i middelværdi.

Zinkindholdet i OS fra semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding er betydeligt lavere end zinkindholdet i OS fra wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding.

6.3.2 SP1 og SP2 (saltprodukter)

SP er karakteriseret og analyseret som beskrevet i afsnit 4.8. Saltprodukter er analyseret før og efter fældning med TMT15. Saltprodukt før TMT15 fældning er betegnet SP1 og saltproduktet efter TMT15 fældning betegnes SP2.

6.3.2.1 SP1 fra Wet RGA (VF)

Sammensætningen af saltprodukter SP1 i prøve nr. 9 (VF01-16), prøve nr. 10 (VF09-16), prøve nr. 15 (VF17-24) og prøve nr. 19 (VF25-32) fra wet RGA (flyveaske) ses i tabel 6.6.

Det ses af tabel 6.6 at de fleste tungmetaller (Mn, Sn, Sb, As, Pb, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Se og Zn) er udfældet ved fældning 1 med NaOH. Cadmium (Cd) indholdet er dog stadig højt efter fældning 1 sammenlignet med førnævnte tungmetaller.

Efter fældning 1 behandles SP1 saltopløsningen med TMT15 i fældning 2. Herved fremkommer saltprodukt SP2.

Parameter		SP1 VF01-08 Drift form A	SP1 VF09-16 Drift form A	SP1 VF17-24 Drift form B	SP1 VF25-32 Drift form B
pH (DHI)		8,88	8,94	8,57	8,94
NVOC, ikke flygt.org.carbon	mg/l	1,3	1,3	1,3	1,2
Ammoniak+ammonium-N, filt.	mg/l	8,8	6,1	4,5	3,5
Aluminium (Al), opløst	µg/l	<30	<30	<30	110
Bor (B), opløst	mg/l	18	18	10	12
Bromid	mg/l	340	340	170	160
Calcium (Ca), opløst	mg/l	11.000	11.000	2.800	5.000
Chlorid, filtreret	mg/l	41.000	42.000	16.000	18.000
Jern (Fe), opløst	mg/l	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Magnesium (Mg), opløst	mg/l	400	450	310	310
Mangan (Mn), opløst	mg/l	<0.0050	0,0076	<0.0050	0,066
Natrium (Na), opløst	mg/l	7.900	7.700	5.300	3.800
Sulfat, filtreret	mg/l	950	920	1.800	1.200
Tin (Sn), opløst	µg/l	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Antimon (Sb), opløst	mg/l	0,042	0,03	0,041	0,19
Arsen (As), opløst	µg/l	<0.80	<0.80	0,95	<0.80
Barium (Ba), opløst	mg/l	3,4	4,1	1	1,6
Bly (Pb), opløst	mg/l	0,0092	0,006	0,0047	0,0074
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	5,2	5,5	0,9	0,8
Chrom (Cr), opløst	µg/l	1,8	1,1	1,6	1,3
Fluorid, filtreret	mg/l	7,5	4,9	9,8	8,9
Kalium (K), opløst	mg/l	7.700	7.700	4.100	3.200
Kobber (Cu), opløst	mg/l	0,0039	0,0014	0,0015	0,0013
Kviksølv (Hg), opløst	mg/l	0,00049	0,00081	<0.00005	<0.00005
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,089	0,1	0,055	0,079
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Selen (Se), opløst	mg/l	0,029	0,025	0,026	0,018
Zink (Zn), opløst	mg/l	0,13	0,13	0,022	0,12

Tabel 6.6: Sammensætning af SP1 saltprøver nr. 9 (VF01-16), nr. 10 (VF09-16), nr. 15 (VF17-24) og nr. 19 (VF25-32), udvalgte parametre

6.3.2.2 SP2 fra Wet RGA (VF) drift A

I tabel 6.7 ses resultater for saltproduktet SP2, driftsform A (høj salt).

Der blev udført fældning 2 forsøg med både TMT15 og med granuleret aktivt kul (Norit GAC 1240 W). Behandling med granuleret aktivt kul (GAC) er mærket "AC" i tabel 6.7. Formålet med aktivt kul forsøgene var at undersøge om f.eks. Kviksølv (Hg), Cadmium (Cd) og NVOC kunne fjernes mere effektivt ved GAC behandling.

Det ses af tabel 6.7, at fældning med TMT15 fjerner effektivt rester af især Cadmium (Cd), hvorimod behandling med aktivt kul ikke er effektivt til at fjerne Cadmium (Cd). Også metallerne Bly (Pb), Zink (Zn), Kobber (Cu) og Barium (Ba) reduceres yderligere med TMT15, medens GAC ikke har nogen effekt. Heller ikke NVOC fjernes yderligere ved GAC behandling.

Parameter		SP2	SP2	SP2	SP2
		VF01-08	VF09-16	VF01-08	VF09-16
		Drift form A TMT15	Drift form A TMT15	Drift form A AC	Drift form A AC
pH (DHI)		8,69	8,76	8,82	8,96
NVOC, ikke flygt.org.carbon	mg/l	16	16	4,2	3,5
Ammoniak+ammonium- N, filt.	mg/l	8,9	5,9	8,8	5,8
Aluminium (Al), opløst	µg/l	<30	<30	<30	<30
Bor (B), opløst	mg/l	18	18	19	17
Bromid	mg/l	280	330	320	340
Calcium (Ca), opløst	mg/l	9.800	10.000	9.800	10.000
Chlorid, filtreret	mg/l	43.000	43.000	40.000	41.000
Jern (Fe), opløst	mg/l	0,086	0,15	0,093	0,094
Magnesium (Mg), opløst	mg/l	410	410	400	420
Mangan (Mn), opløst	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Natrium (Na), opløst	mg/l	8.400	8.400	8.400	8.300
Sulfat, filtreret	mg/l	960	940	960	960
Tin (Sn), opløst	µg/l	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Antimon (Sb), opløst	mg/l	0,042	0,03	0,044	0,031
Arsen (As), opløst	µg/l	<0.80	3,8	<0,8	1,4
Barium (Ba), opløst	mg/l	2,6	2	2,7	2,1
Bly (Pb), opløst	mg/l	0,0006	0,0011	0,0023	0,0012
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	0,075	0,0027	3,9	3,8
Chrom (Cr), opløst	µg/l	2	1,2	2,5	1,8
Fluorid, filtreret	mg/l	4,8	4,7	4,7	4,7
Kalium (K), opløst	mg/l	6.900	7.000	6.900	7.000
Kobber (Cu), opløst	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kviksølv (Hg), opløst	mg/l	0,00081	0,00022	0,00037	0,00044
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,092	0,092	0,092	0,096
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Selen (Se), opløst	mg/l	0,022	0,02	0,023	0,02
Zink (Zn), opløst	mg/l	0,011	0,021	0,094	0,062

Tabel 6.7: Sammensætning af SP2-TMT prøver nr. 43 (VF01-08) og nr. 44 (VF09-16) og tilsvarende SP2-AC prøver nr. 51 og 52, udvalgte parametre

I tabel 6.8 er tørstof sammensætningen af SP2 saltprodukt fra wet RGA (flyveaske) ved driftsform A vist. SP2 saltproduktet er sammensat således at ca. 99 % (w/w) udgøres af saltene CaCl₂, NaCl og KCl.

Salt SP2 (TS spec.)			
Wet RGA - Driftsform A		SP2 TMT VF01-08	SP2 TMT VF09-16
Salte (CaCl ₂ ,NaCl,KCl)	% (w/w)	99	99
Salte (CaSO ₄ ,MgSO ₄)	% (w/w)	0,5-1	0,5-1
Arsen (As), opløst	As ppm	< 0,01	0,04
Barium (Ba), opløst	Ba ppm	26,0	20,0
Cadmium (Cd), opløst	Cd ppm	0,75	0,03
Chrom (Cr), opløst	Cr ppm	0,02	0,01
Kobber (Cu), opløst	Cu ppm	< 0,01	< 0,01
Kviksølv (Hg), opløst	Hg ppm	0,01	0,00
Molybdæn (Mo), opløst	Mo ppm	0,92	0,92
Nikkel (Ni), opløst	Ni ppm	< 0,01	< 0,01
Bly (Pb), opløst	Pb ppm	0,01	0,01
Antimon (Sb), opløst	Sb ppm	0,42	0,30
Selen (Se), opløst	Se ppm	0,22	0,20
Zink (Zn), opløst	Zn ppm	0,11	0,21

Tabel 6.8: Sammensætning af salt (tørstof) SP2-TMT prøver nr. 43 (VF01-08) og nr. 44 (VF09-16), udvalgte parametre

Resten af SP2 saltprodukt tørstoffet udgøres af CaSO_4 og MgSO_4 ca. 0,5-1,0 % (w/w) og bromidsalte ca. 0,2 % (w/w) af saltproduktet. Indholdet af spormetaller i saltproduktet er typisk < 1 ppm, dog udgør barium indholdet ca. 20 ppm.

6.3.2.3 SP2 fra Wet RGA (VF) drift B

Sammensætningen af saltvand ved driftsform B (udledning) efter fældning med TMT15 eller med GAC behandling ses i tabel 6.9. Det ses som tidligere, at TMT15 er mere effektiv end GAC til fjernelse af især Cadmium. De målte værdier er lavere end de beregnede værdier i bilag 4 for tungmetallerne Bly, Kobber, Krom, Kviksølv og Arsen. Zink og Cadmium indholdet er lidt højere end de beregnede værdier.

Salt SP2		SP2	SP2
Driftsform B		VF17-32	VF17-32
		TMT15	AC
pH (DHI)		7,85	7,85
NVOC, ikke flygt.org.carbon		25	13
Ammoniak+ammonium-N, filt.	mg/l	7,3	7,2
Aluminium (Al), opløst	µg/l	<30	<30
Bor (B), opløst	mg/l	3,4	3,4
Bromid	mg/l	120	140
Calcium (Ca), opløst	mg/l	9.200	9.200
Chlorid, filtreret	mg/l	24.000	24.000
Jern (Fe), opløst	mg/l	0,11	0,12
Magnesium (Mg), opløst	mg/l	190	190
Mangan (Mn), opløst	mg/l	0,0076	0,0069
Natrium (Na), opløst	mg/l	2.700	2.700
Sulfat, filtreret	mg/l	640	630
Tin (Sn), opløst	µg/l	<3,0	<3,0
Antimon (Sb), opløst	mg/l	0,076	0,078
Arsen (As), opløst	mg/l	0,009	0,012
Barium (Ba), opløst	mg/l	0,5	0,54
Bly (Pb), opløst	mg/l	0,0039	0,0083
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	0,063	1,0
Chrom (Cr), opløst	µg/l	3,9	3,9
Fluorid, filtreret	mg/l	4	3,9
Kalium (K), opløst	mg/l	2.500	2.500
Kobber (Cu), opløst	µg/l	2,1	12
Kviksølv (Hg), opløst	µg/l	<0,05	0,4
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,22	0,22
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	27	<1,0
Selen (Se), opløst	mg/l	0,015	0,016
Zink (Zn), opløst	mg/l	0,023	0,071

Tabel 6.9 Sammensætning af saltvand driftsform B (udledning) prøve 45 (SP2-TMT VF17-32) og prøve 52 (SP2-AC VF17-32).

Fra tabel 6.9 ses det, at ved drift form B vil GAC behandling kunne reducere NVOC med ca. 50%.

6.3.2.4 SP1 fra semi-tørt RGA (AF)

Sammensætningen af saltprodukter SP1 fra semi-tørt RGA ses i tabel 6.10. Det ses af tabel 30 at de fleste tungmetaller (Mn, Sn, Sb, As, Pb, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Se og Zn) er udfældet ved fældning 1 med NaOH. Cadmium (Cd) indholdet er kun højt efter fældning 1 ved drift form A medens det er lavt ved drift form B.

Efter fældning 1 behandles SP1 saltopløsningen med TMT15 i fældning 2. Herved fremkommer saltprodukt SP2.

Parameter		SP1 AF01-08	SP1 AF09-16	SP1 AF17-24	SP1 AF25-32
pH (DHI)		7,1	8,5	10,6	10,2
NVOC, ikke flygt.org.carbon					
	mg/l	13	14	7,4	6,1
Ammoniak+ammonium-N, filt.					
	mg/l	22	20	66	77
Aluminium (Al), opløst	µg/l	<30	45	<30	110
Bor (B), opløst	mg/l	14	19	5,6	4,7
Bromid	mg/l	330	350	150	120
Calcium (Ca), opløst	mg/l	28.000	28.000	32.000	26.000
Chlorid, filtreret	mg/l	68.000	70.000	16.000	18.000
Jern (Fe), opløst	mg/l	0,37	0,33	0,17	0,16
Magnesium (Mg), opløst	mg/l	250	230	26	67
Mangan (Mn), opløst	mg/l	0,28	<0.0050	<0.0050	<0.0050
Natrium (Na), opløst	mg/l	3.500	5.300	2.400	1.900
Sulfat, filtreret	mg/l	740	710	780	790
Tin (Sn), opløst	µg/l	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Antimon (Sb), opløst	mg/l	1,9	0,53	1,4	1,5
Arsen (As), opløst	µg/l	<0.80	<0.80	<0,8	<0.80
Barium (Ba), opløst	mg/l	8,9	7,9	4,2	2,4
Bly (Pb), opløst	mg/l	0,042	0,12	0,049	0,0017
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	4,3	3,2	0,044	0,065
Chrom (Cr), opløst	µg/l	7,6	2,3	22	16
Fluorid, filtreret	mg/l	8,1	7,7	6,4	8,7
Kalium (K), opløst	mg/l	3.500	4.400	2.100	1.600
Kobber (Cu), opløst	mg/l	0,014	0,21	<0,001	0,0011
Kviksølv (Hg), opløst	mg/l	0,00078	0,00058	<0.00005	0,00018
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,23	0,3	0,27	0,19
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Selen (Se), opløst	mg/l	0,027	0,016	0,013	0,013
Zink (Zn), opløst	mg/l	0,055	0,03	<0,005	<0,005

Tabel 6.10: Sammensætning SP1 prøve nr. 24 (AF01-16), nr. 25 (AF09-16), nr. 34 (AF17-24) og nr. 35 (AF25-32), udvalgte parametre

6.3.2.5 SP2 fra semi-tørt RGA drift A

I tabel 6.11 ses resultater for saltproduktet SP2, driftsform A (høj salt). Det ses af tabel 31, at fældning med TMT15 fjerner effektivt rester af især Cd.

I tabel 6.12 er tørstof sammensætningen af SP2 salt fra semi-tørt RGA driftsform A (AF) vist. SP2 saltet er sammensat således at ca. 99 % (w/w) udgøres af saltene CaCl₂, NaCl og KCl.

Og af resten udgør CaSO₄ og MgSO₄ ca. 0,5-1 % (w/w). Bromidsalte udgør < 0,1 % (w/w) af saltproduktet. Indholdet af spormetaller i salt (tørstof) er typisk < 1 ppm dog udgør Barium indholdet ca. 57 ppm og Antimon indholdet ca. 8 ppm.

Parameter		SP2	SP2	SP2	SP2
		AF01-08 TMT15	AF09-16 TMT15	AF17-24 TMT15	AF25-32 TMT15
pH (DHI)		7,53	8,22	10,35	9,44
NVOC, ikke flygt.org.carbon	mg/l	24	25	20	19
Ammoniak+ammonium- N, filt.	mg/l	22	21	67	62
Aluminium (Al), opløst	µg/l	<30	<30	<30	<30
Bor (B), opløst	mg/l	15	18	5,9	4,7
Bromid	mg/l	350	390	200	130
Calcium (Ca), opløst	mg/l	28.000	28.000	14.000	11.000
Chlorid, filtreret	mg/l	64.000	68.000	34.000	26.000
Jern (Fe), opløst	mg/l	0,32	0,43	0,17	0,16
Magnesium (Mg), opløst	mg/l	250	280	25	78
Mangan (Mn), opløst	mg/l	0,3	0,15	<0,005	<0,005
Natrium (Na), opløst	mg/l	3.400	5.200	2.500	1.700
Sulfat, filtreret	mg/l	740	730	920	1100
Tin (Sn), opløst	µg/l	3,2	<3,0	<3,0	<3,0
Antimon (Sb), opløst	mg/l	1,8	0,61	1,1	1,4
Arsen (As), opløst	µg/l	<0,80	<0,8	<0,8	<0,8
Barium (Ba), opløst	mg/l	8	8,4	4,6	2,5
Bly (Pb), opløst	mg/l	0,0082	0,0083	0,0019	0,0077
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	0,079	0,0140	0,0008	0,0010
Chrom (Cr), opløst	µg/l	7,2	2,4	13	15
Fluorid, filtreret	mg/l	13	11	4,4	7,8
Kalium (K), opløst	mg/l	3.500	4.300	2.100	1.600
Kobber (Cu), opløst	mg/l	<0,001	0,016	<0,001	<0,001
Kviksølv (Hg), opløst	mg/l	0,00047	0,00061	<0,00005	0,0001
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,23	0,27	0,27	0,19
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Selen (Se), opløst	mg/l	0,026	0,019	0,013	0,011
Zink (Zn), opløst	mg/l	0,095	0,042	<0,005	0,033

Tabel 6.11: Sammensætning af SP2 prøve nr. 46 (AF01-08), nr. 47 (VF09-16), nr. 48 (AF17-24) og nr. 49 (AF25-32) udvalgte parametre

Salt SP2 (TS spec.)		SP2 TMT AF01-08	SP2 TMT AF09-16
Driftsform A			
Salte (CaCl ₂ , NaCl, KCl)	% (w/w)	99	99
Salte (CaSO ₄ , MgSO ₄)	% (w/w)	0,5-1	0,5-1
Arsen (As), opløst	As ppm	< 0,01	< 0,01
Barium (Ba), opløst	Ba ppm	57	60
Cadmium (Cd), opløst	Cd ppm	0,6	0,1
Chrom (Cr), opløst	Cr ppm	0,1	0,02
Kobber (Cu), opløst	Cu ppm	< 0,01	0,1
Kviksølv (Hg), opløst	Hg ppm	0,003	0,004
Molybdæn (Mo), opløst	Mo ppm	1,6	1,9
Nikkel (Ni), opløst	Ni ppm	< 0,01	< 0,01
Bly (Pb), opløst	Pb ppm	0,06	0,06
Antimon (Sb), opløst	Sb ppm	13	4
Selen (Se), opløst	Se ppm	0,19	0,14
Zink (Zn), opløst	Zn ppm	0,68	0,30

Tabel 6.12: Sammensætning af salt (tørstof) SP2-TMT prøver nr. 46 (AF01-08) og nr. 47 (AF09-16), udvalgte parametre

6.3.2.6 SP2 fra semi-tørt RGA drift B

Sammensætningen af saltvand SP2 fra semitørt RGA ved driftsform B (udledning) efter fældning med TMT15 eller granuleret aktivt kul (GAC) behandling ses i tabel 6.13. Det ses, at TMT15 er mere effektiv end GAC til fjernelse af især Cd. GAC reducerer NVOC med ca. 70 %.

De målte værdier er lavere end de beregnede værdier i bilag 4 for tungmetallerne Bly, Kobber, Cadmium, Kviksølv og Arsen. Zink og Krom er lidt højere end de beregnede værdier.

		SP2	SP2	SP2	SP2
Parameter		AF17-24	AF25-32	AF17-24	AF25-32
Driftsform B		TMT15	TMT15	AC	AC
pH (DHI)		10,35	9,44	10,41	9,52
NVOC, ikke					
flygt.org.carbon	mg/l	20	19	7,5	6,2
Ammoniak+ammonium-					
N, filt.	mg/l	67	62	67	62
Aluminium (Al), opløst	µg/l	<30	<30	<30	<30
Bor (B), opløst	mg/l	5,9	4,7	6,2	4,3
Bromid	mg/l	200	130	200	130
Calcium (Ca), opløst	mg/l	14.000	11.000	14.000	12.000
Chlorid, filtreret	mg/l	34.000	26.000	34.000	25.000
Jern (Fe), opløst	mg/l	0,17	0,16	0,17	0,23
Magnesium (Mg), opløst	mg/l	25	78	23	77
Mangan (Mn), opløst	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Natrium (Na), opløst	mg/l	2.500	1.700	2.500	1.800
Sulfat, filtreret	mg/l	920	1100	910	1100
Tin (Sn), opløst	µg/l	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Antimon (Sb), opløst	mg/l	1,1	1,4	1,1	1,4
Arsen (As), opløst	µg/l	<0,8	<0,8	5,1	6,1
Barium (Ba), opløst	mg/l	4,6	2,5	4,6	2,5
Bly (Pb), opløst	mg/l	0,0019	0,0077	0,0019	0,0027
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	0,0008	0,0010	0,0490	0,2300
Chrom (Cr), opløst	µg/l	13	15	14	15
Fluorid, filtreret	mg/l	4,4	7,8	4,3	8,2
Kalium (K), opløst	mg/l	2.100	1.600	2.100	1.600
Kobber (Cu), opløst	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,0045
Kviksølv (Hg), opløst	mg/l	<0.00005	0,0001	<0.00005	0,00091
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,27	0,19	0,27	0,19
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	<1.0	<1.0	<1.0	8,1
Selen (Se), opløst	mg/l	0,013	0,011	0,014	0,012
Zink (Zn), opløst	mg/l	<0,005	0,033	0,017	0,032

Tabel 6.13 Sammensætning af saltvand AF driftsform B (udledning) prøve 48 (SP2-TMT AF17-24), prøve 49 (SP2-TMT AF25-32), prøve 55 (SP2-AC AF17-24) og prøve 56 (SP2-AC AF17-32).

6.3.3 TMP fra wet RGA (VF)

TMP fra wet RGA (flyveaske) er kemisk analyseret som beskrevet i afsnit 4.5.

6.3.3.1 TMP produkt fra wet RGA (flyveaske)

Analyse resultaterne for sammensætningen af TMP fra wet RGA (flyveaske) driftsform A og driftsform B er sammenfattet i tabel 6.14. Af tabel 6.14 fremgår det, at Zink indholdet i middel er ca. 30 % (w/w). Det ses endvidere, at der er et højt saltindhold på ca. 40 % (w/w) i TMP fra driftsform A. Ved driftsform B er saltindholdet noget lavere ca. 25 % (w/w).

Det ses af tabel 6.14, at der ud over saltindholdet især er højt indhold af metallerne Zink, Cadmium og Bly i TMP fra wet RGA (flyveaske) fra både driftsform A og driftsform B.

Parameter fra		TMP VF1-8 drift A	TMP VF9-16 drift A	TMP VF17-24 drift B	TMP VF25-32 drift B
Alkalinitet	mmol/kg ts	9.400	9.100	6.100	5.600
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	na	na	500	840
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	7.100	1.200	12.000	8.000
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	1.300	490	710	830
Arsen (As)	mg/kg ts.	200	22	160	180
Barium (Ba)	mg/kg ts.	600	110	280	380
Bly (Pb)	mg/kg ts.	6.600	4.400	7.100	5.700
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	3.200	4.200	2.900	2.100
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	83.000	77.000	52.000	62.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	190.000	190.000	97.000	120.000
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	96	15	81	92
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	56	58	52	73
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	330	700	170	91
Kalium (K)	mg/kg ts.	40.000	48.000	35.000	20.000
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	840	570	920	750
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	39	7,2	6	36
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	47.000	48.000	27.000	31.000
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	13	4,3	8,2	11
Natrium (Na)	mg/kg ts.	52.000	55.000	48.000	25.000
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	120	98	94	150
Selen (Se)	mg/kg ts.	8,9	3,3	6,5	6,3
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	10.000	6.800	35.000	17.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	290.000	310.000	330.000	250.000
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	1642	265	1130	1500
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	960	1400	1100	<500

Tabel 6.14: Sammensætning af TMP prøve nr. 5 (VF01-08), nr. 6 (VF09-16), nr. 13 (VF17-24) og nr. 17 (VF25-32), udvalgte parametre. (na=ikke analyseret)

Beregninger har vist, at ved skylning af TMP (fra tabel 6.14) med vand kan saltindholdet reduceres med ca. 90 %. Herved øges det gennemsnitlige Zink indhold til ca. 40 % (w/w).

6.3.3.2 TMP produkt fra semi-tørt RGA

Analyse resultaterne for sammensætningen af TMP fra semi-tørt RGA driftsform A og driftsform B ses i tabel 6.15. Af tabel 6.15 fremgår det, at Zink indholdet i TMP udgør ca. 4,5 % (w/w). Det ses endvidere, at der er et højt saltindhold på ca. 42 % (w/w) i TMP ved driftsform A. Ved driftsform B er saltindholdet i TMP lavere ca. 30 % (w/w).

Årsagen til, at Selen ikke blev analyseret i tabel 6.15 skyldes en fejl hos Eurofins.

Ved skylning af TMP fra semi-tørt RGA med vand kan saltindholdet reduceres med ca. 90 % og det gennemsnitlige zinkindhold vil kunne øges til ca. 8 % (w/w). Dette er betydeligt lavere Zink indhold end det Zink indhold der kunne opnås i TMP fra wet RGA (flyveaske) og hermed en markant forskel på behandling af "wet RGA (flyveaske)" og "semi-tørt RGA".

Det ses af tabel 6.15, at TMP fra semi-tørt RGA især indeholder et højt indhold af metallerne Zink, Cadmium og Bly i forhold til rå semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding fra både driftsform A og driftsform B.

Sambehandling af RGA og scrubber væske fra forbrændingsanlæg med HALOSEP processen

Parameter		TMP AF1-8	TMP AF9-16	TMP AF17-24	TMP AF25-32
Alkalinitet	mmol/kg ts	5.100	4.700	7.100	6.400
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	3.600	2.600	2.000	840
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	13.000	19.000	11.000	2.500
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	1.900	1.400	1.400	440
Arsen (As)	mg/kg ts.	400	320	260	74
Barium (Ba)	mg/kg ts.	390	550	310	480
Bly (Pb)	mg/kg ts.	8.400	7.200	5.800	1.500
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	890	300	1.200	1.200
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	180.000	230.000	180.000	210.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	190.000	190.000	120.000	79.000
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	260	230	170	41
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	18	22	18	28
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	100	260	64	220
Kalium (K)	mg/kg ts.	12.000	12.000	9.300	5.100
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	780	890	1.000	470
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	54	32	11	2
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	1.100	630	2.200	30.000
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	13	13	9	3
Natrium (Na)	mg/kg ts.	7.500	12.000	9.200	4.400
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	72	58	61	81
Selen (Se)	mg/kg ts.	na	na	na	na
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	12.000	8.200	9.300	28.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	44.000	39.000	57.000	37.000
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	2.600	1.900	1.600	340
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	<500	8.900	1.600	18.000

Tabel 6.15: Sammensætning af TMP prøver nr. 26 (AF01-08), nr. 35 (AF09-16), nr. 36 (AF17-24) og nr. 42 (AF25-32), udvalgte parametre. (na= ikke analyseret)

6.3.4 Behandlet RGA (X-RGA)

Behandlet RGA (X-RGA) er karakteriseret og analyseret som beskrevet i afsnit 4.4.

6.3.4.1 X-RGA fra wet RGA (flyveaske)

Sammensætningen af X-RGA fra wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding behandlet med henholdsvis driftsform A og driftsform B er samlet i tabel 6.16.

Det fremgår af tabel 6.16, at blyindholdet varierer meget i forhold til de øvrige stoffer. Specielt er blyindholdet i prøve VF17-24 ca. 2-3 gange højere end i de øvrige prøver. I gennemsnit er blyindholdet i tre prøver X-RGA (eksklusiv prøve VF17-24) på 5.066 mg/kg.

Kviksølvindholdet er højest i de X-RGA prøver fra driftsform A og B, hvor scrubber væske fra anlæg 5 blev anvendt og lavest ved driftsform B (VF17-24), hvor scrubber væske fra anlæg 6 blev anvendt.

TOC indholdet i X-RGA er typisk 0,5-1,3 %. Dioxiner og furaner er opkoncentreret i X-RGA.

Aluminium-calcium forholdet i X-RGA fra Vestforbrænding er ca. 1:4,5. Dette samt sulfatindholdet kan have betydning for en eventuel fremtidig genanvendelse af X-RGA som tilsatsmateriale i anlægsbeton.

Parameter		X-RGA VF01-08	X-RGA VF09-16	X-RGA VF17-24	X-RGA VF25-32
I-TEC					
Dioxiner og Furaner	(ng/kg TS)	320	296	206	104
Alkalinitet	mmol/kg ts	3.800	3.900	2.900	4.100
Kulstof, totalt					
organisk TOC	mg/kg ts.	13.000	7.600	4.500	7.200
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	37.000	47.000	35.000	36.000
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	220	310	250	110
Arsen (As)	mg/kg ts.	290	330	400	170
Barium (Ba)	mg/kg ts.	290	390	400	1.100
Bly (Pb)	mg/kg ts.	5.200	6.300	11.000	3.700
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	56	91	51	38
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	150.000	200.000	180.000	140.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	3.600	3.300	1.700	2.000
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	200	250	160	160
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	21	25	18	22
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	200	140	120	21
Kalium (K)	mg/kg ts.	9.000	9.300	8.600	6.200
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	1.300	1.800	1.300	1.100
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	37	50	2	21
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	14.000	16.000	11.000	11.000
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	20	23	17	13
Natrium (Na)	mg/kg ts.	8.700	9.700	7.600	7.200
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	63	73	54	72
Selen (Se)	mg/kg ts.	12	12	8	5
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	38.000	25.000	29.000	15.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	21.000	28.000	18.000	11.000
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	372	519	403	260
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	<600	<600	<600	<500

Tabel 6.16: Sammensætning af X-RGA prøver nr. 7 (VF01-08), nr. 8 (VF09-16), nr. 14 (VF17-24) og nr. 18 (VF25-32) fra behandling af wet RGA (flyveaske), - udvalgte parametre

6.3.4.2 X-RGA fra semi-tørt RGA

Sammensætningen af X-RGA fra semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding behandlet med driftsform A og driftsform B er samlet i tabel 6.17.

Det ses af tabel 6.17, at blyindholdet varierer betydeligt mindre i X-RGA fra semi-tørt RGA end i X-RGA fra wet RGA (flyveaske). I gennemsnit er blyindholdet i fire prøver X-RGA fra semi-tørt RGA på 4.350 mg/kg.

Kviksølvindholdet er igen højest i de X-RGA prøver fra semi-tørt RGA fra driftsform A og B, hvor scrubber væske fra anlæg 5 blev anvendt og lavest ved driftsform B, hvor scrubber væske fra anlæg 6 blev anvendt.

TOC indholdet i X-RGA fra semi-tørt RGA er typisk 0,6-0,9 %. Dioxiner og furaner blev ikke analyseret i X-RGA fra semi-tørt RGA.

Aluminium-calcium forholdet i X-RGA fra semi-tørt RGA er ca. 1:6. Dette samt sulfatindholdet kan have betydning for en eventuel fremtidig genanvendelse af X-RGA fra semi-tørt RGA som tilsatsmateriale i anlægsbeton.

Årsagen til, at Selen ikke blev analyseret i tabel 6.17 skyldes en fejl hos Eurofins.

Parameter		X-RGA AF01-08	X-RGA AF09-16	X-RGA AF17-24	X-RGA AF25-32
Alkalinitet	mmol/kg ts	5.700	4.100	6.100	7.400
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	6.000	7.300	7.500	8.600
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	26.000	32.000	33.000	33.000
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	600	640	730	1.000
Arsen (As)	mg/kg ts.	190	170	160	300
Barium (Ba)	mg/kg ts.	660	800	850	860
Bly (Pb)	mg/kg ts.	4.400	3.900	4.100	5.000
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	79	37	76	95
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	190.000	180.000	180.000	200.000
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	3.500	2.700	1.400	790
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	190	260	270	330
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	25	27	29	32
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	65	71	34	24
Kalium (K)	mg/kg ts.	7.000	8.300	7.100	5.100
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	710	760	1.200	830
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	59	34	19	20
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	520	480	650	660
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	7	8	9	8
Natrium (Na)	mg/kg ts.	5.200	6.400	7.900	5.700
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	60	64	79	67
Selen (Se)	mg/kg ts.	na	na	na	na
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	16.000	17.000	16.000	16.000
Zink (Zn)	mg/kg ts.	17.000	14.000	17.000	23.000
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	630	650	800	1.100
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	44.000	63.000	63.000	32.000

Tabel 6.17: Sammensætning af X-RGA prøve nr. 27 (AF01-08), nr. 28 (AF09-16), nr. 37 (AF17-24) og nr. 42 (AF25-32) fra behandling af semi-tørt RGA, - udvalgte parametre

6.3.5 Stofudvaskning wet RGA (VF)

Ved HALOSEP wet RGA (flyveaske) behandling reduceres stofmængden pga. kemiske reaktioner og der dannes en saltopløsning, som omtalt i afsnit 5.2. I tabel 6.18 herunder er det vist hvilke stofmængder der fjernes eller tilføjes fra den behandlede wet RGA (flyveaske) ved HALOSEP behandlingen.

I tabel 6.18 er den procentvise mængde af de stoffer som fjernes fra wet RGA (flyveaske) markeret med (-) mens de stoffer som opkoncentreres i X-RGA er markeret med (+). Stoffer, som f.eks. Kviksølv kan f.eks. tilføres fra den anvendte scrubber væske. De stoffer, hvor der fjernes mere end 60 % fra den indgående rå wet RGA (flyveaske) til saltprodukt SP2 eller TMP produkt er Antimon, Barium, Cadmium, Klorid, Fluorid, Kalium, Natrium, Zink og Tin.

Af tabel 6.18 fremgår det, at tungmetallerne Cadmium, Zink, Antimon og Barium i væsentlig grad overføres fra wet RGA (flyveaske) til TMP produktet.

Når scrubber væske fra anlæg A5 anvendes bliver der tilført Kviksølv til X-RGA, mens der ikke tilføres Kviksølv til X-RGA når scrubber væske fra anlæg A6 anvendes.

Parametre		X-RGA (middel)	wet RGA (rå)	fjernet/ tilføjet %
Dioxiner og Furaner	I-TEC (ng/kg TS)	232	134	7
Alkalinitet	mmol/kg ts	3.675	6.850	-67
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	8.075	5.900	-15
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	38.750	32.500	-26
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	223	450	-69
Arsen (As)	mg/kg ts.	298	285	-35
Barium (Ba)	mg/kg ts.	545	850	-60
Bly (Pb)	mg/kg ts.	6.550	5.400	-25
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	59	260	-86
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	167.500	205.000	-49
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	2.650	71.000	-98
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	193	160	-25
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	22	23	-42
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	120	190	-61
Kalium (K)	mg/kg ts.	8.275	56.500	-91
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	1.375	1.300	-34
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	28	3	522
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	13.000	17.500	-54
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	18	20	-43
Natrium (Na)	mg/kg ts.	8.300	53.000	-90
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	66	67	-39
Selen (Se)	mg/kg ts.	9	10	-43
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	26.750	47.000	-65
Zink (Zn)	mg/kg ts.	19.500	36.000	-66
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	389	1.042	-77

Tabel 6.18: Beregnede stofreduktioner i % ved HALOSEP behandling af wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding, udvalgte parametre.

Det bemærkes, at omkring 66 % af zinkindholdet i indgående rå wet RGA (flyveaske) overføres til TMP produktet.

6.3.6 Stofudvaskning semi-tørt RGA (AF)

I tabel 6.19 er den procentvise mængde af de stoffer som fjernes fra semi-tørt RGA markeret med (-) mens de stoffer som opkoncentreres i X-RGA er markeret med (+). Stoffer, som f.eks. Kviksølv kan f.eks. tilføres fra den anvendte scrubber væske. De stoffer, hvor der overføres mere end 60 % fra indgående RGA til saltprodukt SP2 eller TMP produkt er Calcium, Klorid, Fluorid, Kalium og Natrium.

Af tabel 6.19 fremgår det, at for semi-tørt RGA er det kun Cadmium der i betydelig grad overføres fra indgående RGA til TMP produktet.

For semi-tørt RGA er det kun omkring 16 % af zinkindholdet i indgående rå semi-tørt RGA, der overføres til TMP produktet. Der er stor forskel i den mængde Zink der fjernes fra henholdsvis indgående wet RGA (66 %) og indgående semi-tørt RGA (16 %). Den store forskel i sammensætning mellem indgående wet RGA (flyveaske) og semi-tørt RGA er calciumhydroxid indholdet og det er med stor sandsynlighed denne forskel der gør, at mindre Zink fjernes fra semi-tørt RGA.

Parametre		X-RGA middel	Semi-tørt RGA (rå)	fjernet/tilføjet %
Alkalinitet	mmol/kg ts	5.825	11.500	-74
Kulstof, totalt organisk TOC	mg/kg ts.	7.350	3.650	5
Aluminium (Al)	mg/kg ts.	31.000	13.950	16
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	743	450	-14
Arsen (As)	mg/kg ts.	205	150	-29
Barium (Ba)	mg/kg ts.	793	455	-9
Bly (Pb)	mg/kg ts.	4.350	2.350	-4
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	72	73	-49
Calcium (Ca)	mg/kg ts.	187.500	290.000	-66
Chlorid, vandopløselig	mg/kg ts.	2.098	135.000	-99
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	263	123	11
Cobalt (Co)	mg/kg ts.	28	13	18
Fluorid, vandopløselig	mg/kg ts.	49	190	-87
Kalium (K)	mg/kg ts.	6.875	26.000	-86
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	875	365	25
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	33	7,3	135
Magnesium (Mg)	mg/kg ts.	578	355	-15
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	8	5	-22
Natrium (Na)	mg/kg ts.	6.300	18.500	-82
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	68	27	30
Selen (Se)	mg/kg ts.	na	na	na
Sulfat, vandopløselig	mg/kg ts.	16.250	20.000	-58
Zink (Zn)	mg/kg ts.	17.750	10.950	-16
Tin(Sn)*	mg/kg ts.	795	465	-11
Silicium(Si)*	mg/kg ts.	50.500	na	na

Tabel 6.19: Beregnede stofreduktioner i % ved HALOSEP behandling af semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding, udvalgte parametre. (na=ikke analyseret)

6.4 PCB, aromatiske kulbrinter, kulbrintefraktioner

Samtlige analyseresultater for organiske stoffer (polychlorerede biphenyler, aromatiske kulbrinter, kulbrinte fraktioner samt PAH forbindelser) i indgående rå wet RGA (flyveaske), rå semi-tørt RGA, OS prøver, TMP prøver og X-RGA prøver er sammenfattet i fire tabeller tabel 6.20, tabel 6.21, tabel 6.22 og tabel 6.23.

Det var ikke muligt at analysere visse af de planlagte organiske forbindelser i alle prøver. PAH forbindelser kunne ikke detekteres i indgående RGA pga. prøvernes fysiske beskaffenhed (Eurofins). Også aromatiske kulbrinter samt kulbrinte fraktioner i faststof prøver fra Amagerforbrænding kunne ikke analyseres pga. prøvernes beskaffenhed/heterogenitet (Eurofins).

Herunder i tabel 6.20 ses organiske analyser i indgående rå wet RGA (flyveaske) samt semi-tørt RGA.

Parametre		wet RGA	wet RGA	semi-tørt RGA	semi-tørt RGA
Polychlorerede biphenyler		VF1-16	VF17-32	AF1-16	AF17-32
PCB nr. 28	mg/kg ts.	<0,040	<0,020	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 52	mg/kg ts.	<0,040	<0,020	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 101	mg/kg ts.	<0,040	<0,020	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 118	mg/kg ts.	<0,040	<0,020	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 138	mg/kg ts.	<0,040	<0,020	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 153	mg/kg ts.	<0,040	<0,020	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 180	mg/kg ts.	<0,040	<0,020	<0.0050	<0.0050
Sum 7 PCB	mg/kg ts.	#	#	#	#

Parametre		wet RGA	wet RGA	semi-tørt RGA	semi-tørt RGA
Aromatiske kulbrinter		VF1-16	VF17-32	AF1-16	AF17-32
Benzen	mg/kg ts.	<0,2	0,21	nd	nd
Toluen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	nd	nd
Ethylbenzen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	nd	nd
Sum af xylener	mg/kg ts.	#	#	nd	nd
o-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	nd	nd
m+p-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	nd	nd
Sum BTEX	mg/kg ts.	#	0,21	nd	nd

Parametre		wet RGA	wet RGA	semi-tørt RGA	semi-tørt RGA
Kulbrintefraktionering		VF1-16	VF17-32	AF1-16	AF17-32
Benzen-C10	mg/kg ts.	49	13	nd	nd
C10-C15	mg/kg ts.	64	25	nd	nd
C15-C20	mg/kg ts.	30	14	nd	nd
C20-C25	mg/kg ts.	21	<14	nd	nd
C25-C35	mg/kg ts.	39	<24	nd	nd
C35-C40	mg/kg ts.	20	<10	nd	nd
Sum af Benzen-C40	mg/kg ts.	220	52	nd	nd

Parametre		wet RGA	wet RGA	semi-tørt RGA	semi-tørt RGA
PAH-forbindelser		VF1-16	VF17-32	AF1-16	AF17-32
Naphthalen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Acenaphthylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Acenaphthen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Fluoren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Phenanthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Fluoranthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Chrysen/Triphenylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Benzo(b+j+k)fluoranthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd
Sum PAH (16 EPA)	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd

Tabel 6.20: Analyseresultater organiske stoffer PCB, aromatiske kulbrinter, kulbrintefraktionering samt PAH forbindelser i rå wet RGA (flyveaske) og rå semi-tørt RGA. (# = ingen af parametrene er påvist, nd = ikke analyseret, < = mindre end detektionsgrænse)

Herunder i tabel 6.21 ses organiske analyser PCB, Aromatiske kulbrinter, Kulbrinte fraktioner samt PAH forbindelser i samtlige OS (materiale > 1mm) prøver fra wet RGA (flyveaske) mrk. VF og semi-tørt RGA mrk. AF.

Parametre		OS	OS	OS	OS	OS
Polychlorerede biphenyler		VF1-16	VF17-24	VF25-32	AF1-16	AF17-32
PCB nr. 28	mg/kg ts.	<0,040	<0,030	<0,015	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 52	mg/kg ts.	<0,040	<0,030	<0,015	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 101	mg/kg ts.	<0,040	<0,030	<0,015	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 118	mg/kg ts.	<0,040	<0,030	<0,015	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 138	mg/kg ts.	<0,040	<0,030	<0,015	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 153	mg/kg ts.	<0,040	<0,030	<0,015	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 180	mg/kg ts.	<0,040	<0,030	<0,015	<0.0050	<0.0050
Sum 7 PCB	mg/kg ts.	#	#	#	#	#

Parametre		OS	OS	OS	OS	OS
Aromatiske kulbrinter		VF1-16	VF17-24	VF25-32	AF1-16	AF17-32
Benzen	mg/kg ts.	<0,2	nd	0,16	nd	nd
Toluen	mg/kg ts.	<0,2	nd	3,4	nd	nd
Ethylbenzen	mg/kg ts.	<0,2	nd	0,57	nd	nd
Sum af xylen	mg/kg ts.	#	nd	2,8	nd	nd
o-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	nd	0,51	nd	nd
m+p-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	nd	1,7	nd	nd
Sum BTEX	mg/kg ts.	#	nd	6,3	nd	nd

Parametre		OS	OS	OS	OS	OS
Kulbrintefraktion		VF1-16	VF17-24	VF25-32	AF1-16	AF17-32
Benzen-C10	mg/kg ts.	49	nd	42	nd	nd
C10-C15	mg/kg ts.	64	nd	18	nd	nd
C15-C20	mg/kg ts.	30	nd	<5,0	nd	nd
C20-C25	mg/kg ts.	21	nd	<5,0	nd	nd
C25-C35	mg/kg ts.	39	nd	<25	nd	nd
C35-C40	mg/kg ts.	20	nd	<5,0	nd	nd
Sum af Benzen-C40	mg/kg ts.	220	nd	60	nd	nd

Parametre		OS	OS	OS	OS	OS
PAH-forbindelser		VF1-16	VF17-24	VF25-32	AF1-16	AF17-32
Naphthalen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Acenaphthylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Acenaphthen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Phenanthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoranthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Chrysen/Triphenylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(b+j+k)fluoranthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd
Sum PAH (16 EPA)	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd

Tabel 6.21: Analyseresultater organiske stoffer PCB, aromatiske kulbrinter, kulbrintefraktioner samt PAH forbindelser i OS (materiale > 1mm) prøver fra wet RGA (flyveaske) mrk. VF og semitørt RGA mrk. AF. (# = ingen af parametrene er påvist, nd = ikke analyseret, < = mindre end detektionsgrænse)

Herunder i tabel 6.22 ses organiske analyser PCB, Aromatiske kulbrinter, Kulbrinte fraktioner samt PAH forbindelser i samtlige TMP prøver fra wet RGA (flyveaske) mrk. VF og semi-tørt RGA mrk. AF.

Parametre		TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP
Polychlorede biphenyl		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
PCB nr. 28	mg/kg ts.	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PCB nr. 52	mg/kg ts.	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PCB nr. 101	mg/kg ts.	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PCB nr. 118	mg/kg ts.	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PCB nr. 138	mg/kg ts.	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PCB nr. 153	mg/kg ts.	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
PCB nr. 180	mg/kg ts.	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Sum 7 PCB	mg/kg ts.	#	#	#	#	#	#	#	#

Parametre		TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP
Aromatiske kulbrinter		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
Benzen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,20	nd	nd	nd	nd
Toluen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,20	nd	nd	nd	nd
Ethylbenzen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,20	nd	nd	nd	nd
Sum af xylener	mg/kg ts.	#	#	#	#	nd	nd	nd	nd
o-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,20	nd	nd	nd	nd
m+p-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,20	nd	nd	nd	nd
Sum BTEX	mg/kg ts.	#	#	#	#	nd	nd	nd	nd

Parametre		TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP
Kulbrintefraktioner		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
Benzen-C10	mg/kg ts.	37	46	490	<5,0	nd	nd	nd	nd
C10-C15	mg/kg ts.	<20	<20	150	<10	nd	nd	nd	nd
C15-C20	mg/kg ts.	17	20	23	<10	nd	nd	nd	nd
C20-C25	mg/kg ts.	27	15	25	<10	nd	nd	nd	nd
C25-C35	mg/kg ts.	90	<24	59	<50	nd	nd	nd	nd
C35-C40	mg/kg ts.	43	<10	16	<10	nd	nd	nd	nd
Sum af Benzen-C40	mg/kg ts.	220	81	760	#	nd	nd	nd	nd

Parametre		TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP	TMP
PAH-forbindelser		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
Naphthalen	mg/kg ts.	0,026	0,014	0,064	<0,010	nd	nd	nd	nd
Acenaphthylen	mg/kg ts.	0,01	<0,010	0,011	0,029	nd	nd	nd	nd
Acenaphthen	mg/kg ts.	0,034	<0,010	<0,010	0,069	nd	nd	nd	nd
Fluoren	mg/kg ts.	0,011	<0,010	<0,010	0,03	nd	nd	nd	nd
Phenanthren	mg/kg ts.	0,12	0,01	0,13	0,1	nd	nd	nd	nd
Anthracen	mg/kg ts.	0,012	<0,010	<0,010	0,095	nd	nd	nd	nd
Fluoranthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd
Pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	<0,010	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	<0,010	nd	nd	nd	nd
Chrysen/Triphenylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	<0,010	nd	nd	nd	nd
Benzo(b+j+k)fluoranthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Sum PAH (16 EPA)	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabel 6.22: Analyseresultater organiske stoffer PCB, aromatiske kulbrinter, kulbrintefraktioner samt PAH forbindelser i TMP prøver fra wet RGA (flyveaske) mrk. VF og semitørt RGA mrk. AF. (# = ingen af parametrene er påvist, nd = ikke analyseret, < = mindre end detektionsgrænse)

Herunder i tabel 6.23 ses organiske analyser PCB, Aromatiske kulbrinter, Kulbrinte fraktioner samt PAH forbindelser i samtlige X-RGA prøver fra wet RGA (flyveaske) mrk. VF og semi-tørt RGA mrk. AF.

Parametre		X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA
Polychlorede biphenyler		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
PCB nr. 28	mg/kg ts.	<0,0050	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 52	mg/kg ts.	<0,0050	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 101	mg/kg ts.	<0,0050	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 118	mg/kg ts.	<0,0050	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 138	mg/kg ts.	<0,0050	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 153	mg/kg ts.	<0,0050	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB nr. 180	mg/kg ts.	<0,0050	<0,0020	<0,0020	<0,001	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
Sum 7 PCB	mg/kg ts.	#	#	#	#	#	#	#	#

Parametre		X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA
Aromatiske kulbrinter		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
Benzen	mg/kg ts.	0,22	<0,2	<0,2	<0,10	nd	nd	nd	nd
Toluen	mg/kg ts.	<0,2	0,2	<0,2	0,11	nd	nd	nd	nd
Ethylbenzen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,10	nd	nd	nd	nd
Sum af xylener	mg/kg ts.	#	#	0,88	#	nd	nd	nd	nd
o-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	0,88	<0,10	nd	nd	nd	nd
m+p-Xylen	mg/kg ts.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,10	nd	nd	nd	nd
Sum BTEX	mg/kg ts.	0,22	0,2	0,88	0,11	nd	nd	nd	nd

Parametre		X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA
Kulbrintefraktioner		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
Benzen-C10	mg/kg ts.	78	75	390	<5,0	nd	nd	nd	nd
C10-C15	mg/kg ts.	36	25	120	<10	nd	nd	nd	nd
C15-C20	mg/kg ts.	23	15	12	<5,0	nd	nd	nd	nd
C20-C25	mg/kg ts.	22	<14	<14	<5,0	nd	nd	nd	nd
C25-C35	mg/kg ts.	75	33	<24	<25	nd	nd	nd	nd
C35-C40	mg/kg ts.	20	12	<10	<5,0	nd	nd	nd	nd
Sum af Benzen-C40	mg/kg ts.	250	160	520	12	nd	nd	nd	nd

Parametre		X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA	X-RGA
PAH-forbindelser		VF1-8	VF9-16	VF17-24	VF25-32	AF1-8	AF9-16	AF17-24	AF25-32
Naphthalen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acenaphthylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acenaphthen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phenanthren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoranthen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chrysen/Triphenylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(b+j+k)fluoranthen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(a)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Sum PAH (16 EPA)	mg/kg ts.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabel 6.23: Analyseresultater organiske stoffer PCB, aromatiske kulbrinter, kulbrintefraktioner samt PAH forbindelser i X-RGA prøver fra wet RGA (flyveaske) mrk. VF og semitørt RGA mrk. AF. (# = ingen af parametrene er påvist, nd = ikke analyseret, < = mindre end detektionsgrænse)

Detektionsgrænsen for totalkulbrinter og/eller BTEX er hævet for flere prøver, fordi prøvernes fysiske egenskaber har gjort det nødvendigt at tilsætte ekstra ekstraktionsmiddel.

Eurofins har herudover ikke analyseret Selen i faststoffer fra AF, medens Selen er målt i eluater fra kolonneudvaskning. Årsagen til dette var, at DHI har fået analyseret Selen med forskellige analyse pakker hos Eurofins i prøver fra henholdsvis Vestforbrænding og Amagerforbrænding.

7. Batch- og kolonneudvaskning

7.1 Batch udvaskning rå RGA og behandlet RGA (X-RGA)

En oversigt over gældende grænseværdier for stofudvaskning (17 parametre) i henhold til EU lovgivning (EU's Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg 2003/33/EF) er vist i tabel 7.1.

Affald kan deponeres på deponier for "Inert affald" såfremt grænseværdierne for stofudvaskning fra affaldet som ses i kolonne 2 (markeret med grønt) er overholdt. Dersom grænseværdier for stofudvaskning fra affald som vist i kolonne 3 og 4 (markeret med gult) er overholdt kan affaldet deponeres på deponier for "Ikke farligt affald". Hvis grænseværdier for stofudvaskning fra affald som vist i kolonne 5 (markeret med brunt) er overholdt kan affaldet deponeres på deponier for "Farligt affald".

	Inert Affald L:S 10 (mg/kg)	Ikke Farligt Affald L:S 10 (mg/kg)	FA på dep.anlæg for ikke farligt affald L:S 10 (mg/kg)	Farligt Affald L:S 10 (mg/kg)
pH	> 6	> 6	> 6	> 6
NVOC, ikke flygt.org.carbon	500	800	800	1000
Antimon (Sb), opløst	0,06	0,7	0,7	5
Arsen (As), opløst	0,5	2	2	25
Barium (Ba), opløst	20	100	100	300
Bly (Pb), opløst	0,5	10	10	50
Cadmium (Cd), opløst	0,04	1	1	5
Chlorid, filtreret	800	15000	15000	25000
Chrom (Cr), opløst	0,5	10	10	70
Fluorid, filtreret	10	150	150	500
Kobber (Cu), opløst	2	50	50	100
Kviksølv (Hg), opløst	0,01	0,2	0,2	2
Molybdæn (Mo), opløst	0,5	10	10	30
Nikkel (Ni), opløst	0,4	10	10	40
Selen (Se), opløst	0,1	0,5	0,5	7
Sulfat, filtreret	1000	20000	20000	50000
Zink (Zn), opløst	4	50	50	200

Tabel 7.1: Oversigt over gældende grænseværdier for stofudvaskning fra affald på deponier (batch udvaskning, L:S=10, 17 parametre) i henhold til BEK 719/2011

7.1.1 Batch udvaskning rå wet RGA og X-RGA (VF)

Der er gennemført batch udvaskningstest (L:S=10) på rå wet RGA (flyveaske) prøve nr. 1 samt de fire X-RGA prøver fra behandling af wet RGA (flyveaske) prøver nr. 7 (VF01-08), nr. 8 (VF09-16), nr. 14 (VF17-24) og nr. 18 (VF25-32). Resultaterne herfra er sammenfattet i tabel 7.2. Resultaterne der er vist i kolonne 3 (tabel 7.2) er middelværdier for stofudvaskning fra X-RGA prøverne 7, 8, 14 og 18.

Wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding	Rå wet RGA mg/Kg	X-RGA (middel) mg/Kg
pH	12,4	9,4
NVOC, ikke flygt.org.carbon	40,5	43
Antimon (Sb), opløst	0,01	1,4
Arsen (As), opløst	0,12	0,2
Barium (Ba), opløst	2,3	1,5
Bly (Pb), opløst	170	0,01
Cadmium (Cd), opløst	0,05	0
Chlorid, filtreret	75.000	2.400
Chrom (Cr), opløst	2	0,18
Fluorid, filtreret	75	21
Kobber (Cu), opløst	0,29	0,01
Kviksølv (Hg), opløst	0	0,13
Molybdæn (Mo), opløst	4,7	3
Nikkel (Ni), opløst	0,01	0,01
Selen (Se), opløst	0,15	0,21
Sulfat, filtreret	35.000	15.000
Zink (Zn), opløst	15,5	0,1

Tabel 7.2: Sammenfatning resultater fra L:S=10 batch udvaskning på henholdsvis rå wet RGA (flyveaske) samt X-RGA (middelværdi 4 prøver). Pb og Cl er markeret med rødt, da disse for rå wet RGA (flyveaske) overskrider grænseværdierne for deponering på anlæg for farligt affald. Stoffer, der er markeret med blå skrift, er de stoffer som ikke blev analyseret i det tidligere udførte projekt (bilag 1).

Batch udvaskningstesten på rå wet RGA (flyveaske) viste, at udvaskning af Bly (Pb) og Klor (Cl) ikke kan overholde grænseværdierne for deponering på anlæg for farligt affald, jf. tabel 7.1. Disse to parametre er derfor markeret med rødt i tabel 7.2.

Det ses endvidere, at stofudvaskningen fra samtlige parametre for driftsform A og driftsform B overholder grænseværdierne for anlæg for deponering af ikke farligt affald.

7.1.2 Batch udvaskning rå semi-tørt RGA og X-RGA (AF)

Der er gennemført batch udvaskningstest (L:S=10) på rå semi-tørt RGA prøve 29 (AF01-16) og prøve 30 (AF17-32) samt de fire X-RGA prøver nr. 27 (AF01-08), nr. 28 (AF09-16), nr. 37 (AF17-24) og nr. 42 (AF25-32). Resultaterne herfra er sammenfattet i tabel 7.3.

Resultaterne der er vist i kolonne 3 er middelværdier for stof udvaskningen fra X-RGA behandlet med driftsform A. Kolonne 4 viser middelværdier for stofudvaskningen fra X-RGA behandlet med driftsform B.

Det ses af tabel 7.3, at stofudvaskningen fra samtlige parametre for både driftsform A og driftsform B overholder grænseværdierne for deponeringsanlæg for ikke farligt affald.

Semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding A / B = høj / lav salt	Rå RGA mg/Kg	X-RGA "A" mg/Kg	X-RGA "B" mg/Kg
pH	12,4	9,8	10,5
NVOC, ikke flygt.org.carbon	61	27,5	28,5
Antimon (Sb), opløst	0,01	2,2	0,16
Arsen (As), opløst	0,021	0,096	0,18
Barium (Ba), opløst	16	0,935	1,9
Bly (Pb), opløst	385	0,091	0,068
Cadmium (Cd), opløst	0,001	0,0029	0,0045
Chlorid, filtreret	125.000	3.000	1075
Chrom (Cr), opløst	1,275	1,57	1,38
Fluorid, filtreret	54	65,5	29,5
Kobber (Cu), opløst	1,25	0,022	0,034
Kviksølv (Hg), opløst	0,056	0,036	0,077
Molybdæn (Mo), opløst	1,55	1,35	1,45
Nikkel (Ni), opløst	0,01	0,01	0,02
Selen (Se), opløst	0,16	0,16	0,15
Sulfat, filtreret	14.500	13.500	15.000
Zink (Zn), opløst	45	0,165	0,112

Tabel 7.3: Resultater fra L:S=10 batch udvaskning på henholdsvis rå semi-tørt RGA (middelværdi 2 prøver) samt X-RGA driftsform A (middelværdi 2 prøver) og X-RGA fra driftsform B (middelværdi 2 prøver). Pb og Cl er markeret med rødt, da disse for rå semi-tørt RGA overskrider grænseværdierne for deponering på anlæg for farligt affald. Stoffer, der er markeret med blå skrift, er de stoffer som ikke blev analyseret for i det tidligere udførte projekt (bilag 1).

7.2 Kolonneudvaskning X-RGA

Der er efterfølgende gennemført en række kolonne udvaskningstests på X-RGA prøver (dobbel bestemmelse) i henhold til gældende bekendtgørelse om deponeringsanlæg (Ref. 3).

Deponeringsanlæg klassificeres som deponeringsanlæg for inert affald (IA), deponeringsanlæg for mineralsk affald (MA) eller deponeringsanlæg for farligt affald (FA). Deponeringsanlæg for inert affald kan endvidere klassificeres som IAO (ikke kystnære anlæg), IA1 (kystnære anlæg med kriterier som anført i figur 7.1) eller IA2 (kystnære anlæg med moderat skærpede udvaskningskrav). Kriterier for klassificering af deponeringsanlæg for de tre kategorier klasse IA1 (Inert affald), klasse MA1 (mineralsk affald) og klasse FA1 (farligt affald) er vist i figur 7.1.

Klasse IA1: Kystnært placerede anlæg, hvor anlægsfaktor $\leq 0,5$, hvor udvaskningskravene svarer til grænseværdierne i EU-Rådsbeslutningen, jf. tabel 30, og hvor 5 % minimumsfortyndingen i overfladevandområdet er 60 gange for et samlet deponeringsareal på 10.000 m²

Klasse MA1: Kystnært placerede anlæg, hvor anlægsfaktor $\leq 0,4$, og hvor minimumsfortyndingen i overfladevandsområdet er 250 gange for et samlet deponeringsareal på 10.000 m²

Klasse FA1: Kystnært placerede anlæg, hvor anlægsfaktor $\leq 0,16$ med udvaskningskrav svarende til grænseværdier i EU-Rådsbeslutningen, jf. tabel 3.10, og hvor 5 % minimumsfortyndingen i overfladevandområdet er 1.300 gange for et samlet deponeringsareal på 10.000 m²

Figur 7.1: Oversigt over kriterier for klassificering af deponeringsanlæg klasser IA1, MA1 og FA1.

Grænseværdier for stofudvaskning fra affald til deponering på kystnære deponeringsanlæg for inert affald IA1, mineralsk affald MA1 og farligt affald FA1 for alle 16 parametre er vist i tabel 7.4 herunder. Udvasningen ved L:S=0,1 er et udtryk for C₀ i mg/L. Grænseværdier ved L:S=0,1 er derfor anført i mg/L i tabel 7.4 i henhold til Ref. 3. For L:S=2 og L:S=10 er grænseværdier anført i mg/kg TS. Kolonneudvaskningstests blev udført af DHI i henhold til gældende bekendtgørelse om deponeringsanlæg (Ref. 3). Kolonneudvaskningstest foretages ved L:S=0,1 (C₀), L:S=2 og L:S=10.

	IA1	IA1	IA1	MA1	MA1	MA1	FA1	FA1	FA1
L:S	0,1	2	10	0,1	2	10	0,1	2	10
As	0,06	0,1	0,5	0,3	0,4	2	3	6	25
Ba	4	7	20	20	30	100	60	100	300
Cd	0,02	0,03	0,04	0,3	0,6	1	1,7	3	5
Cr	0,1	0,2	0,5	2,5	4	10	15	25	70
Cu	0,6	0,9	2	30	25	50	60	50	100
Hg	0,002	0,003	0,01	0,03	0,05	0,2	0,3	0,5	2
Mo	0,2	0,3	0,5	3,5	5	10	10	20	30
Ni	0,12	0,2	0,4	3	5	10	12	20	40
Pb	0,15	0,2	0,5	3	5	10	15	25	50
Sb	0,1	0,02	0,06	0,15	0,2	0,7	1	2	5
Se	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,5	3	4	7
Zn	1,2	2	4	15	25	50	60	90	200
Cl	460	550	800	8500	10000	15000	15000	17000	25000
F	2,5	4	10	40	60	150	120	200	500
SO ₄	1500	560	1000	700	10000	20000	17000	25000	50000
DOC	160	240	500	250	380	800	320	480	1000

Tabel 7.4: Oversigt over gældende grænseværdier for stofudvaskning i mg/L ved C₀ (L:S=0,1) og i mg/kg TS ved L:S=2 og L:S=10 (kolonne udvasknings test, 16 parametre) for forskellige typer deponier i henhold til Ref. 3

I Ref. 3 er grænseværdier for L:S=2 og L:S=10 angivet som mg/kg TS, og som mg/L fra eluater ved L:S=0,1. For det første eluat fra kolonnetests (L:S=0,1) er grænseværdien anført i mg/l i tabel 7.4. På de efterfølgende figurer 7.2 – 7.33 er grænseværdier (i mg/l) omregnet til mg/kg TS ved division med 10. Grænseværdierne på kurverne for IA1 (grøn) på figur 7.2 – figur 7.33 har derfor en 10 gange lavere værdi ved L:S=0,1 end anført i tabel 7.4.

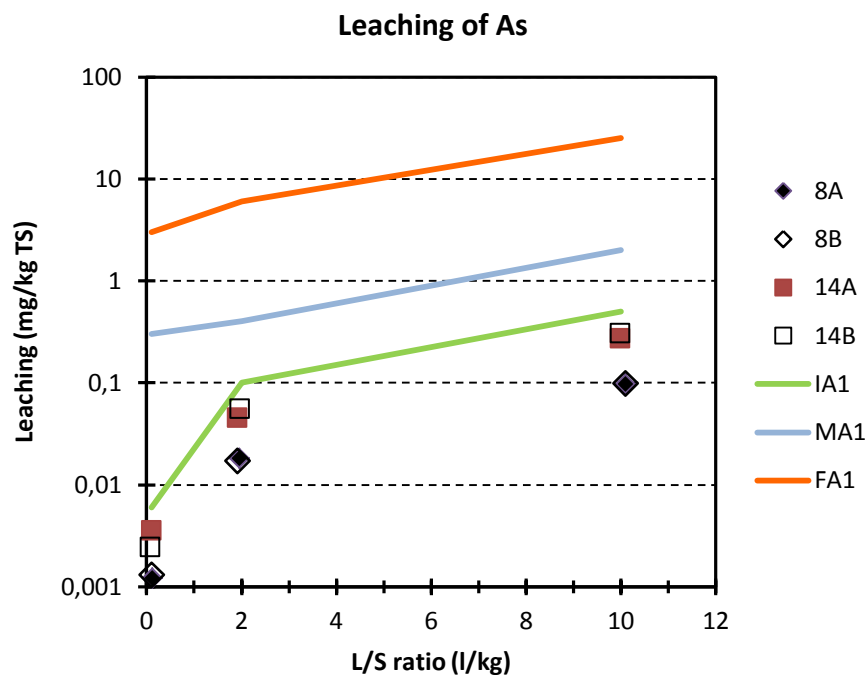
7.2.1 Kolonneudvaskning wet X-RGA (VF)

Der er udført kolonne udvaskningstests (dobbelbestemmelse) på X-RGA prøver fra Vestforbrænding nr. 8 (8A og 8B) samt nr. 14 (14A og 14B). Eluater er udtaget efter L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10. Eluaterne er herefter analyseret for bl.a. de 16 parametre, der er vist i tabel 7.4.

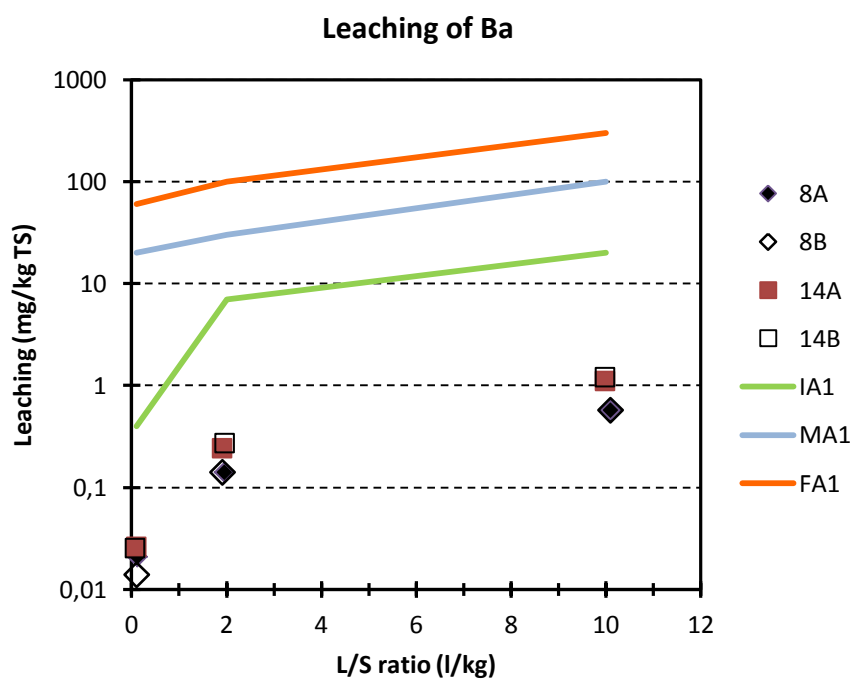
På figur 7.2 ses resultaterne for Arsen. Det ses af figur 7.2, at for Arsen er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.3 ses resultaterne for Barium. Det ses af figur 7.3, at for Barium er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.4 ses resultaterne for Cadmium. Det ses af figur 7.4, at for Cadmium er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

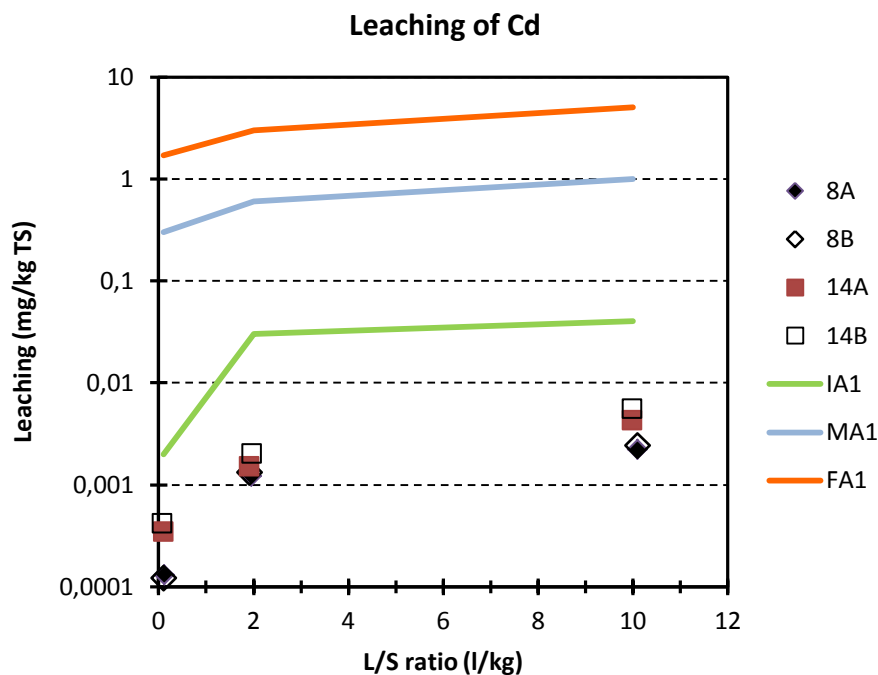


Figur 7.2: Arsen kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

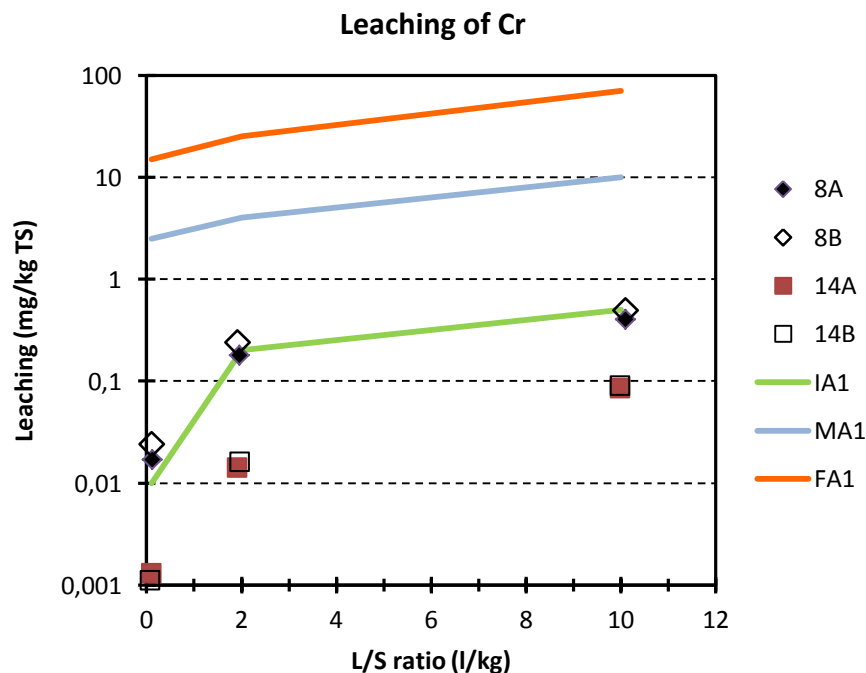


Figur 7.3: Barium kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

På figur 7.5 ses resultaterne for Krom. Det ses af figur 7.5, at for Krom er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



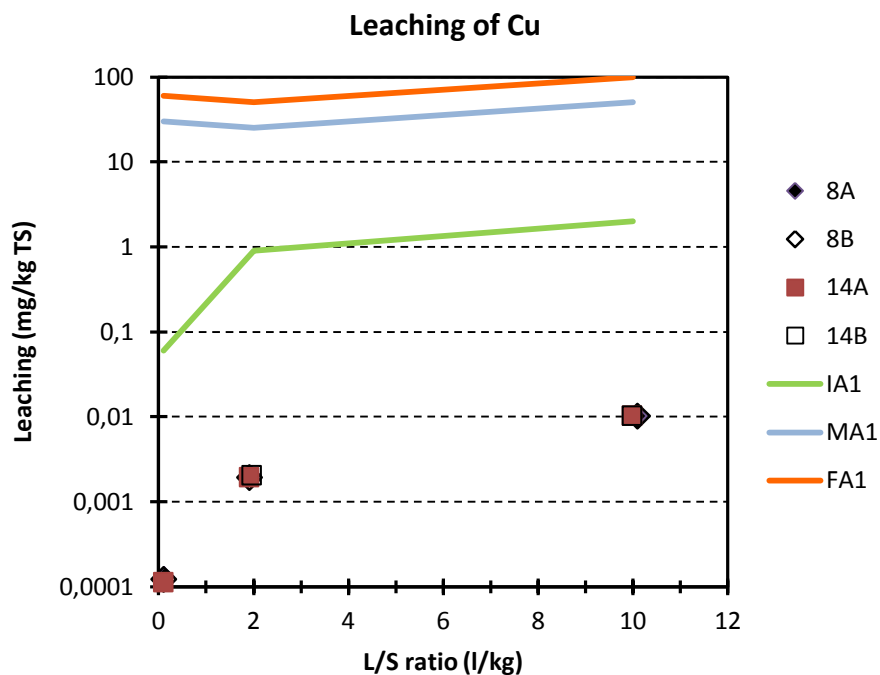
Figur 7.4: Cadmium kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).



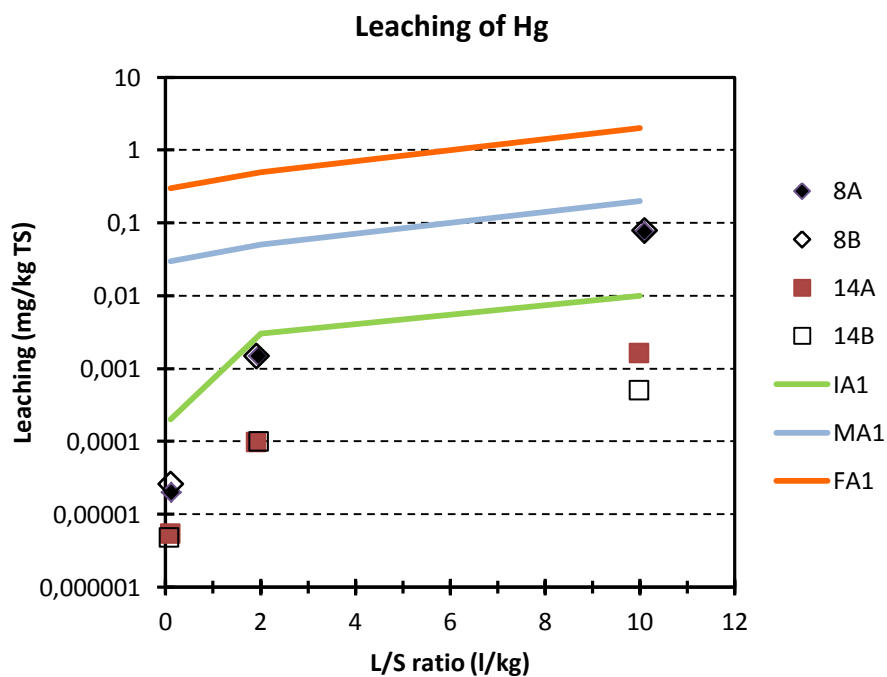
Figur 7.5: Krom kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

På figur 7.6 ses resultaterne for Kobber. Det ses af figur 7.6, at for Kobber er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.7 ses resultaterne for Kviksølv. Det ses af figur 7.7, at for Kviksølv er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10) ved driftsform B (prøve 14). Ved driftsform A er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10). Ved driftsform A anvendtes HCLS fra anlæg 5 og ved driftsform B anvendtes HCLS fra anlæg 6.

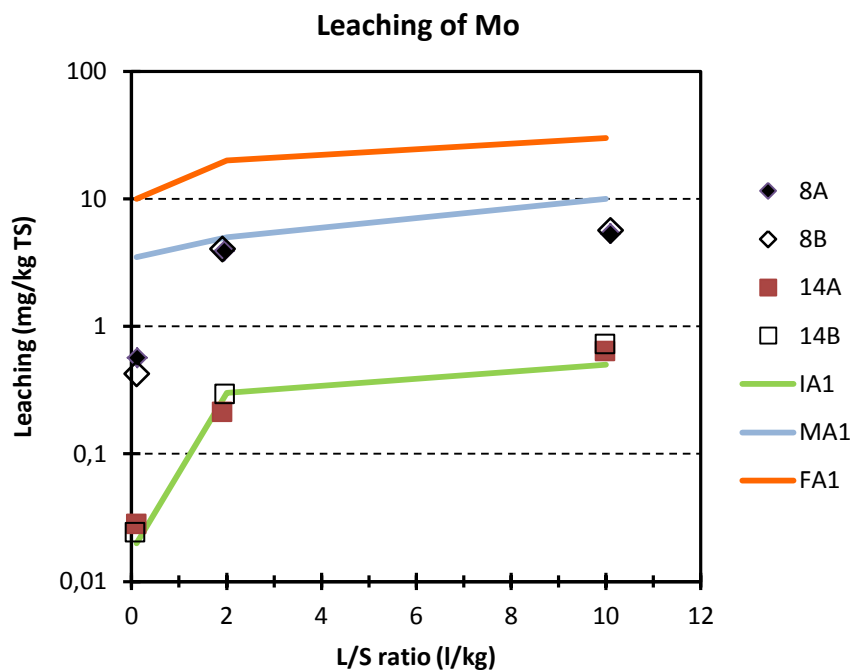


Figur 7.6: Kobber kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).



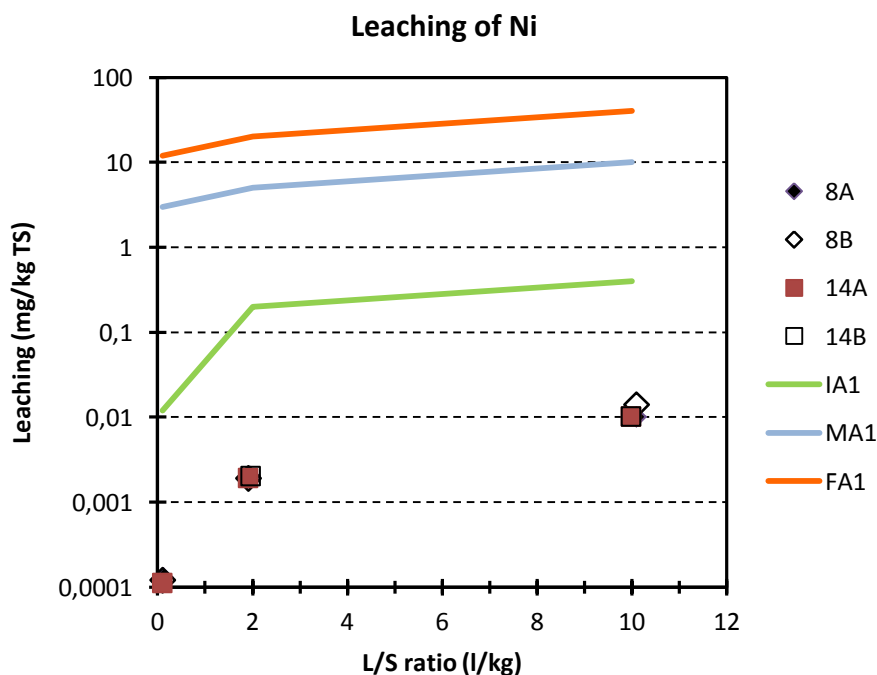
Figur 7.7: Kviksølv kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

I figur 7.8 ses resultaterne for Molybdæn. Det ses af figur 7.8, at for Molybdæn er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



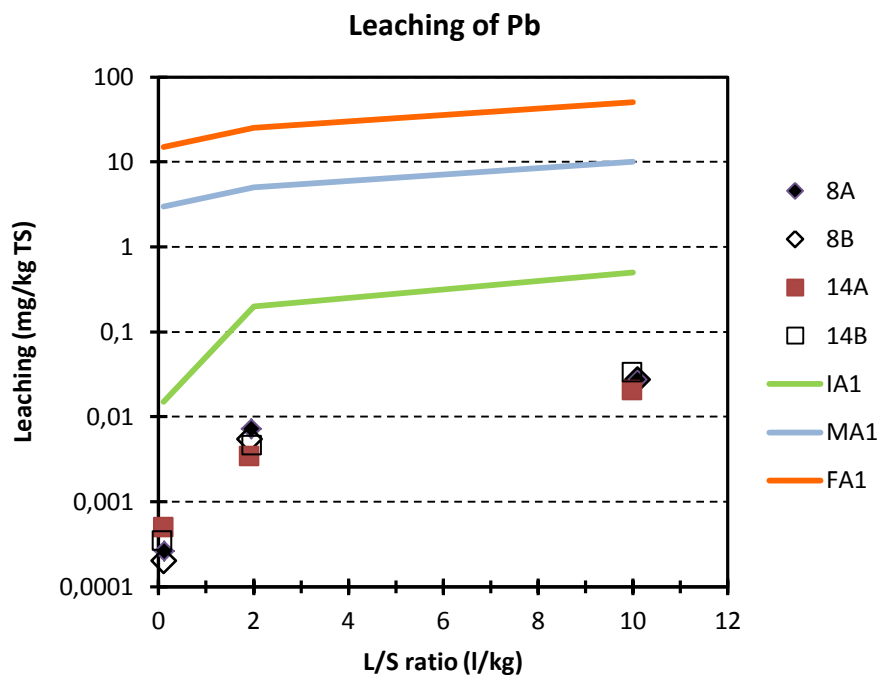
Figur 7.8: Molybdæn kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

I figur 7.9 ses resultaterne for Nikkel. Det ses af figur 7.9, at for Nikkel er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



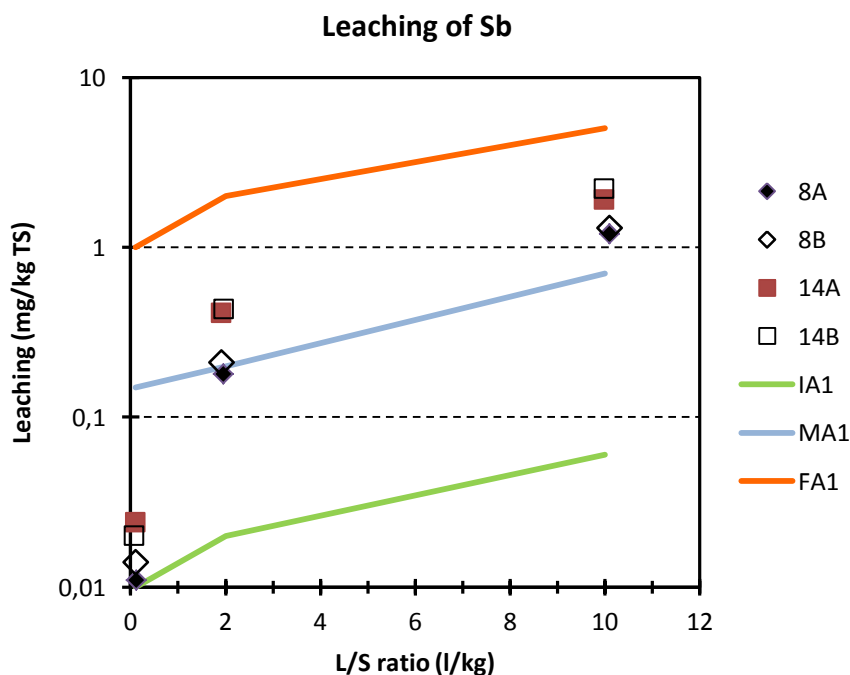
Figur 7.9: Nikkel kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

I figur 7.10 ses resultaterne for Bly. Det ses af figur 7.10, at for Bly er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



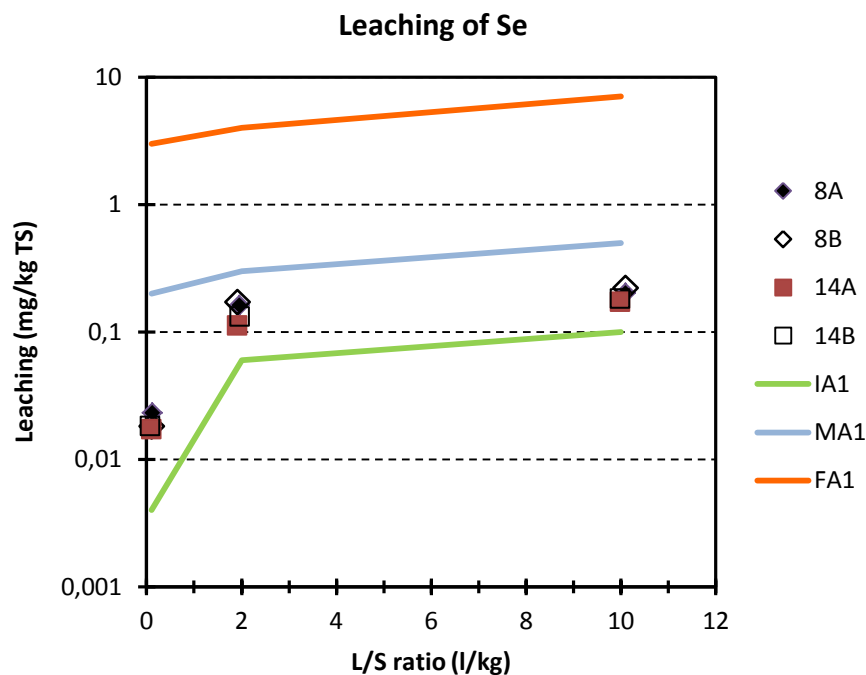
Figur 7.10: Bly kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

I figur 7.11 ses resultaterne for Antimon. Det ses af figur 7.11, at for Antimon er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for FA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



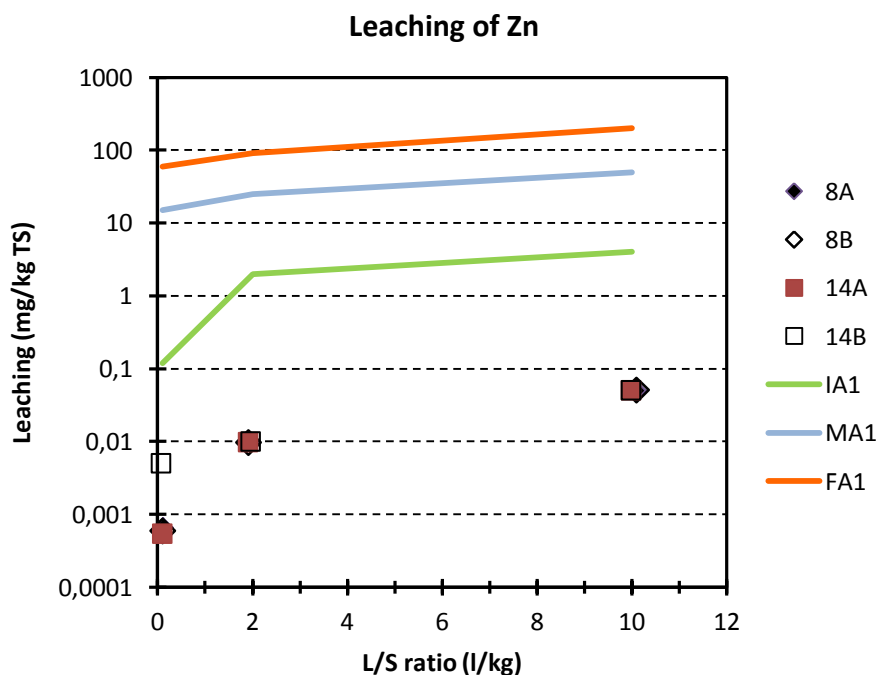
Figur 7.11: Antimon kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14).

I figur 7.12 ses resultaterne for Selen. Det ses af figur 7.12, at for Selen er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



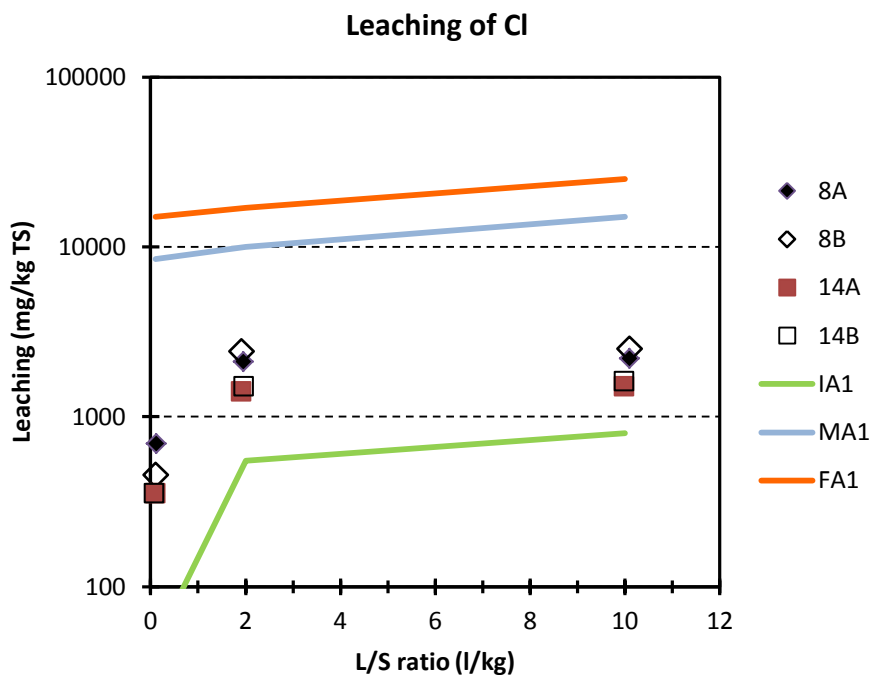
Figur 7.12: Selen kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14)

I figur 7.13 ses resultaterne for Zink. Det ses af figur 7.13, at for Zink er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



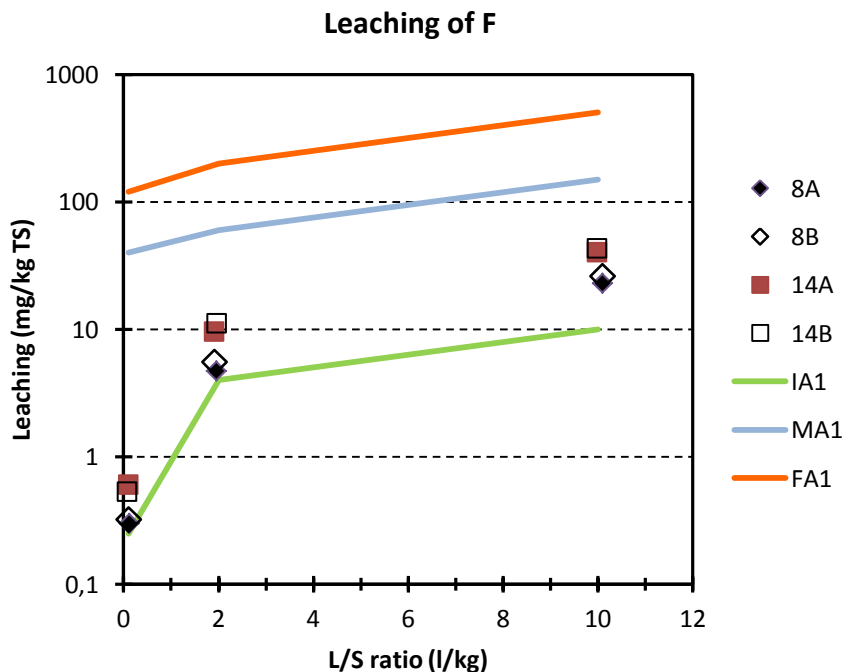
Figur 7.13: Zink kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14)

I figur 7.14 ses resultaterne for Klorid. Det ses af figur 7.14, at for Klorid er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



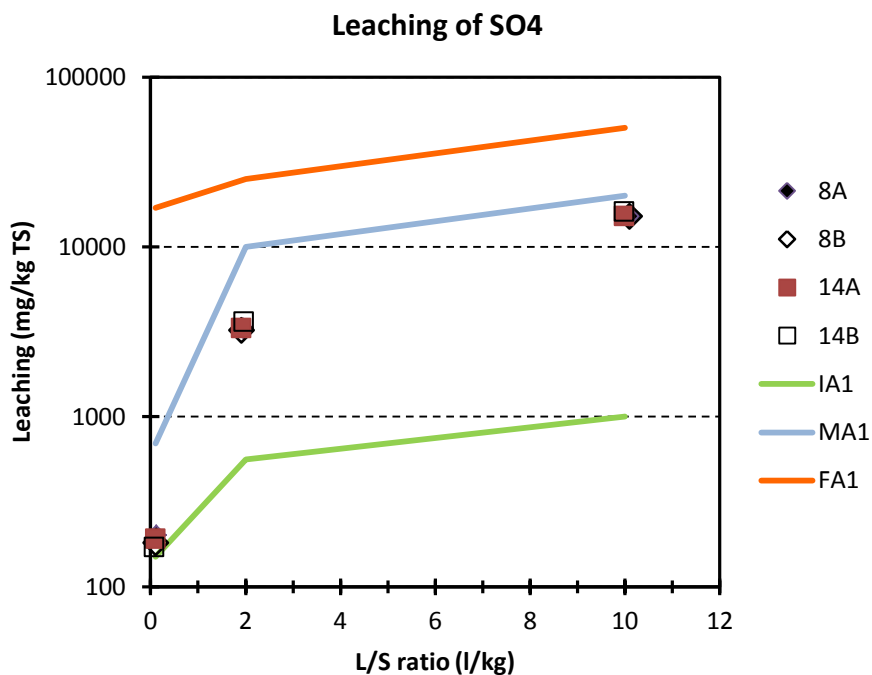
Figur 7.14: Klorid kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14)

I figur 7.15 ses resultaterne for Fluorid. Det ses af figur 7.15, at for Fluorid er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



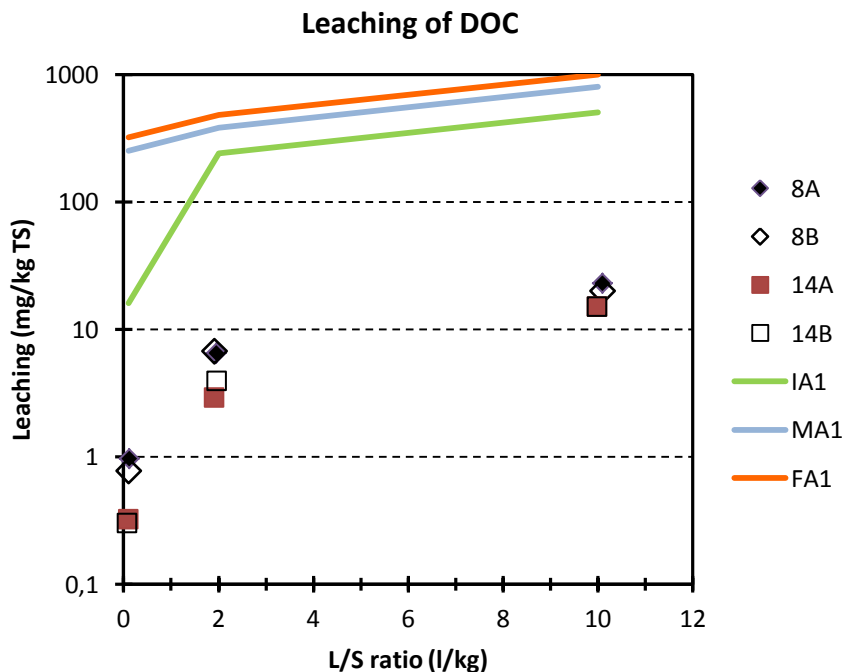
Figur 7.15: Fluorid kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14)

I figur 7.16 ses resultaterne for Sulfat. Det ses af figur 7.16, at for Sulfat er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



Figur 7.16: Sulfat kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14)

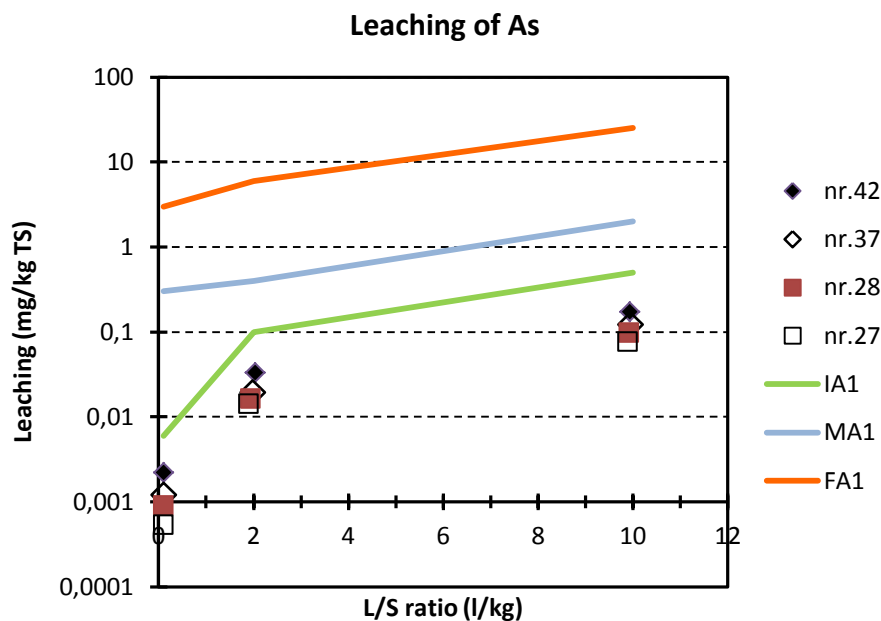
I figur 7.17 ses resultaterne for DOC (Dissolved Organic Carbon). Det ses af figur 7.17, at for DOC er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



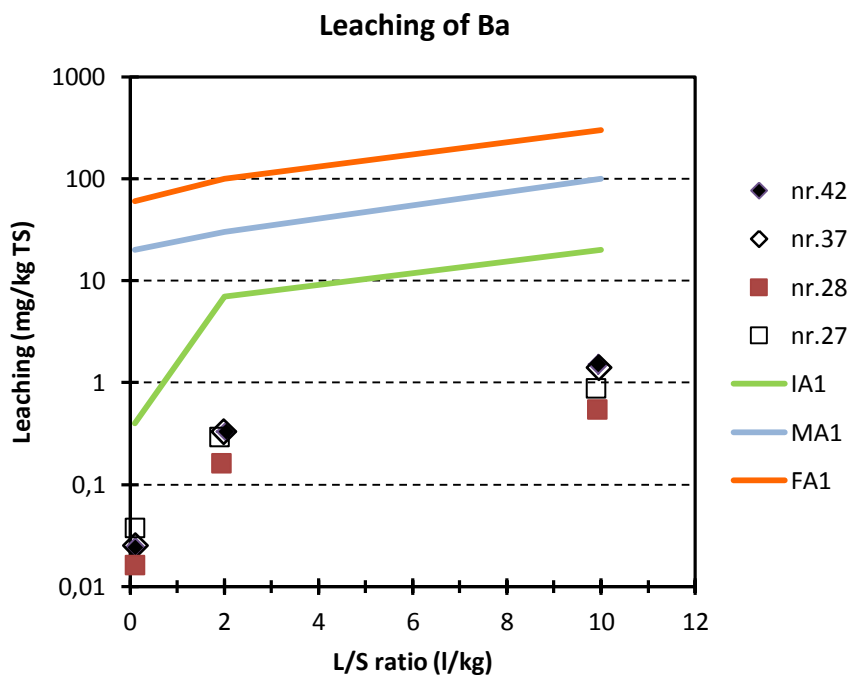
Figur 7.17: DOC kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA VF09-16 (prøve 8) og VF17-24 (prøve 14)

7.2.2 Kolonneudvaskning semi-tørt X-RGA (AF)

Der er udført kolonne udvaskningstests på X-RGA prøver nr. 27, nr. 28, nr. 37 samt nr. 42 fra Amagerforbrænding.



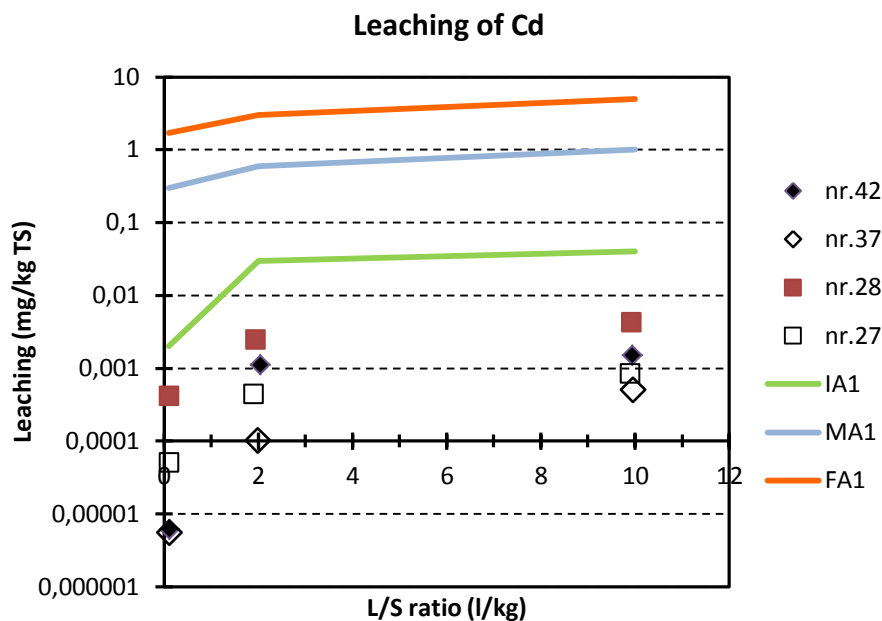
Figur 7.18: Arsen (As) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)



Figur 7.19: Barium (Ba) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.18 ses resultaterne for Arsen. Det ses af figur 7.18, at for Arsen er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.19 ses resultaterne for Barium. Det ses af figur 7.19, at for Barium er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

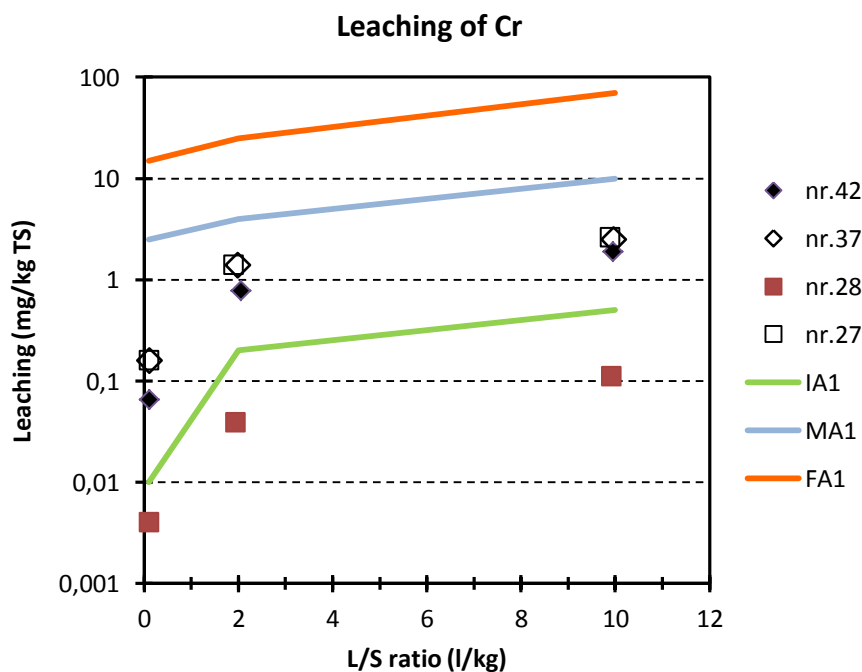


Figur 7.20: Cadmium (Cd) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

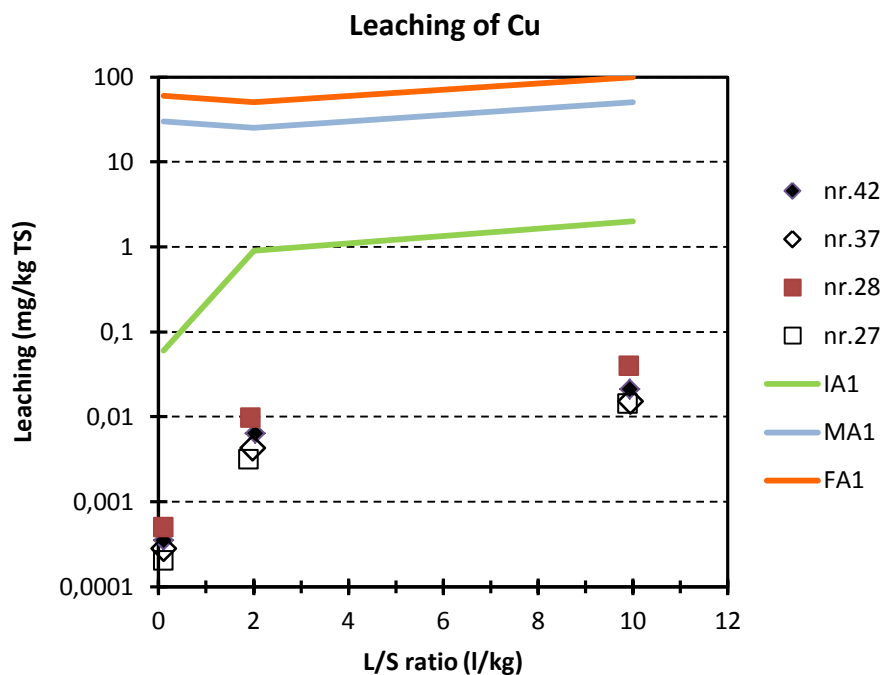
På figur 7.20 ses resultaterne for Cadmium. Det ses af figur 7.20, at for Cadmium er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.21 ses resultaterne for Krom. Det ses af figur 7.21, at for Krom er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.22 ses resultaterne for Kobber. Det ses af figur 7.22, at for Kobber er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

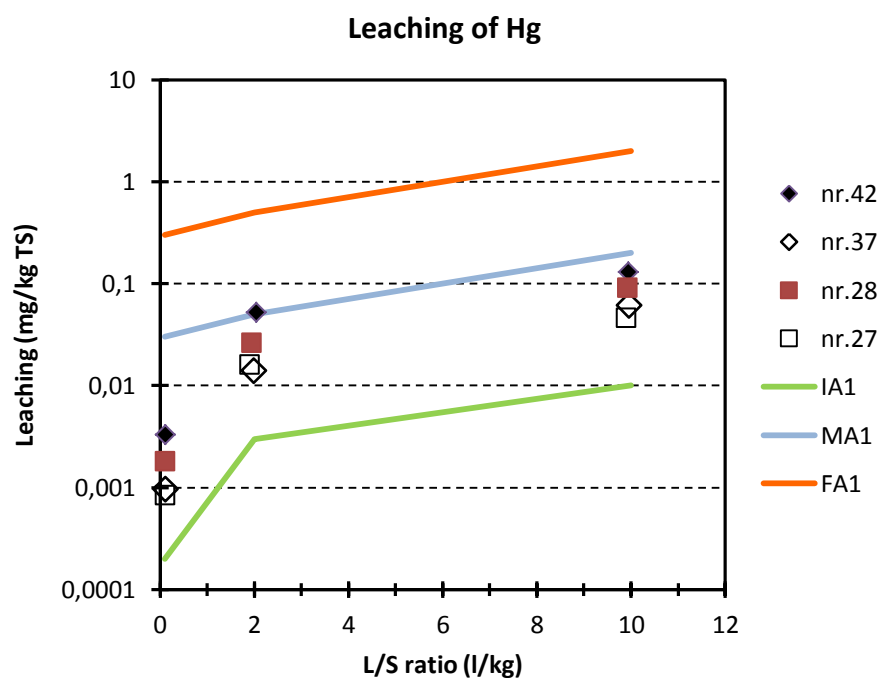


Figur 7.21: Krom (Cr) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

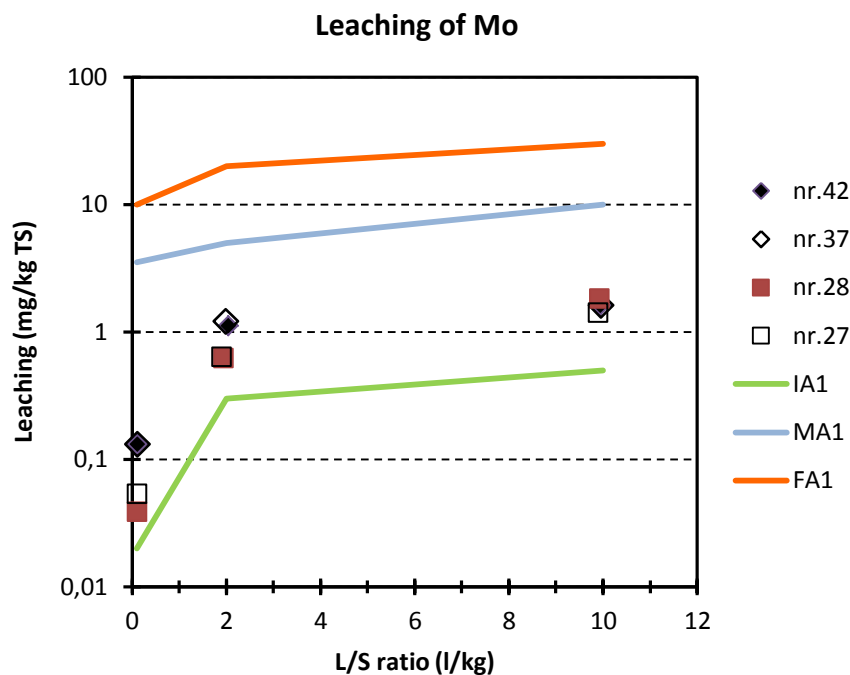


Figur 7.22: Kobber (Cu) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.23 ses resultaterne for Kviksølv. Det ses af figur 7.23, at for Kviksølv er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



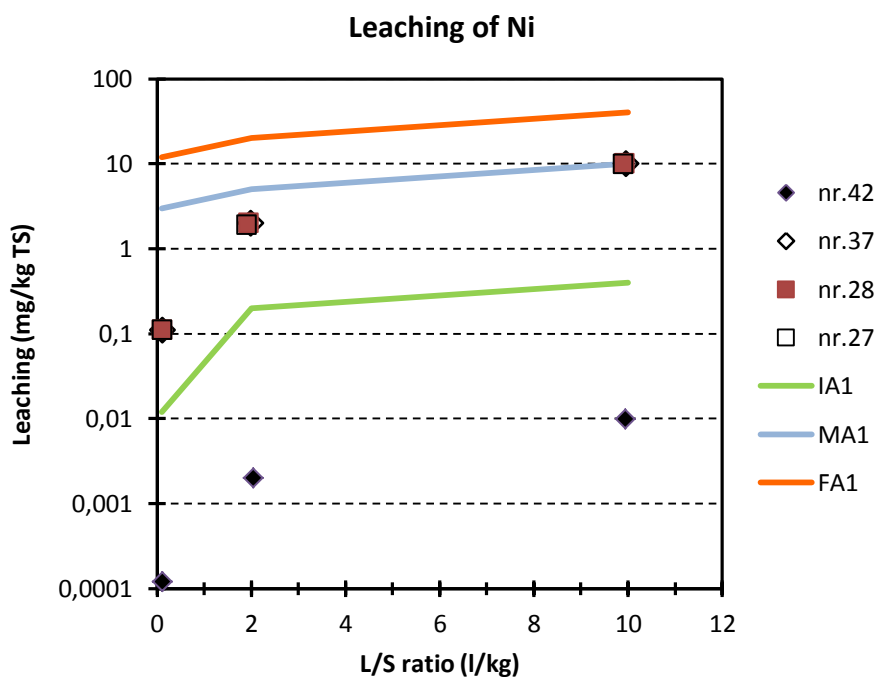
Figur 7.23: Kviksølv (Hg) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)



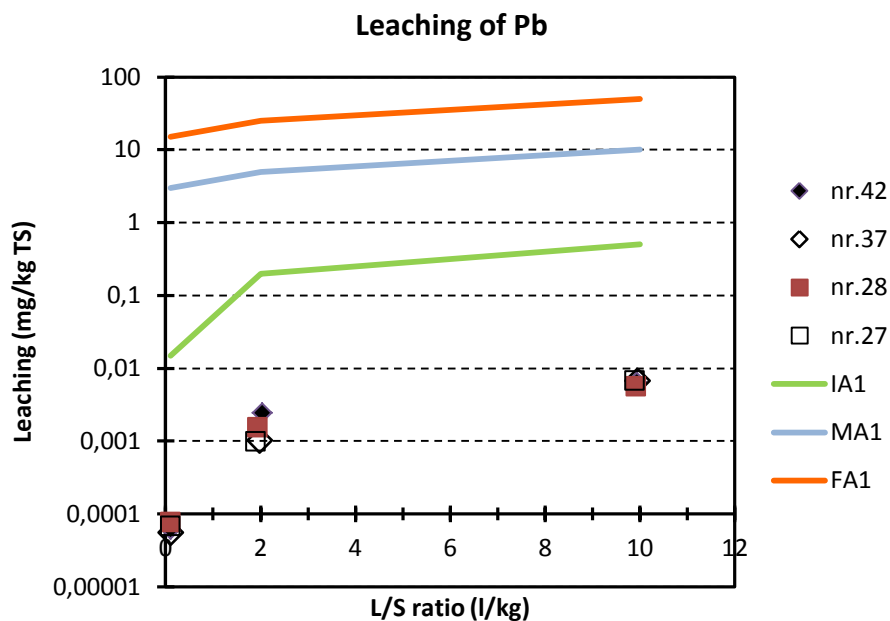
Figur 7.24: Molybdæn (Mo) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.24 ses resultaterne for Molybdæn. Det ses af figur 7.24, at for Molybdæn er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.25 ses resultaterne for Nikkel. Det ses af figur 7.25, at for Nikkel er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

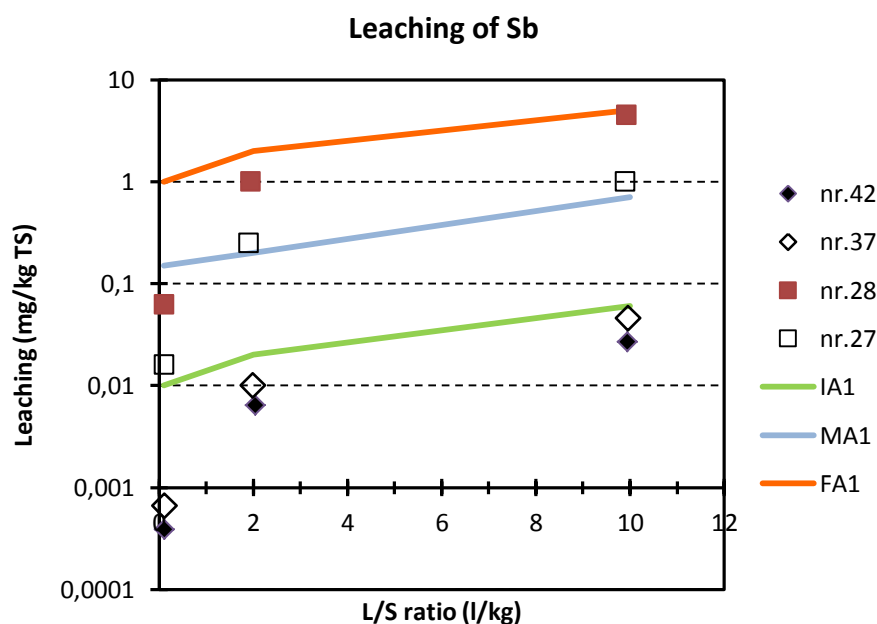


Figur 7.25: Nikkel (Ni) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

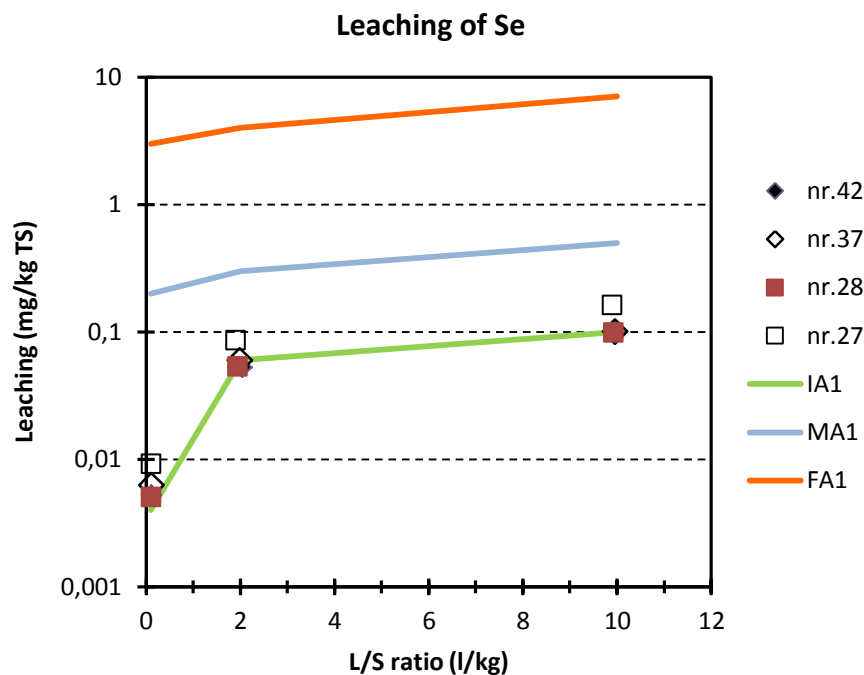


Figur 7.26: Bly (Pb) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.26 ses resultaterne for Bly. Det ses af figur 7.26, at for Bly er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



Figur 7.27: Antimon (Sb) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

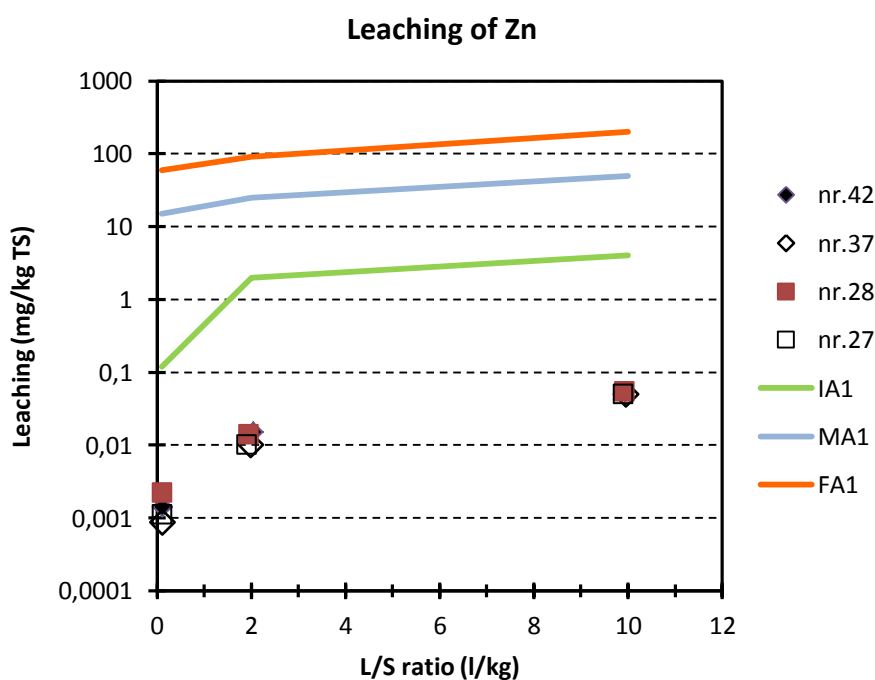


Figur 7.28: Selen (Se) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.27 ses resultaterne for Antimon. Det ses af figur 7.27, at for Antimon er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for FA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

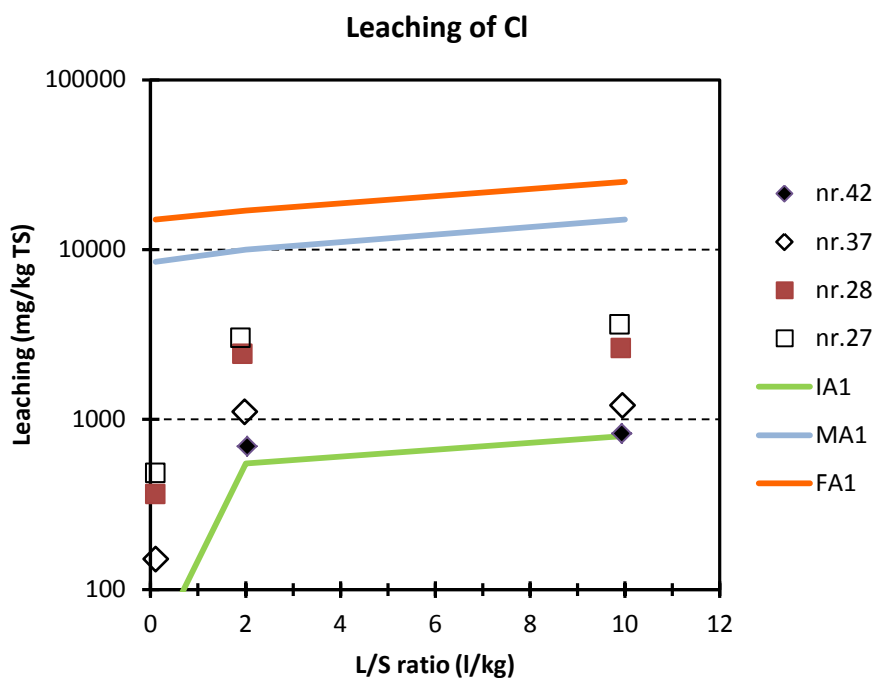
På figur 7.28 ses resultaterne for Selen. Det ses af figur 7.28, at for Selen er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.29 ses resultaterne for Zink. Det ses af figur 7.29, at for Zink er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

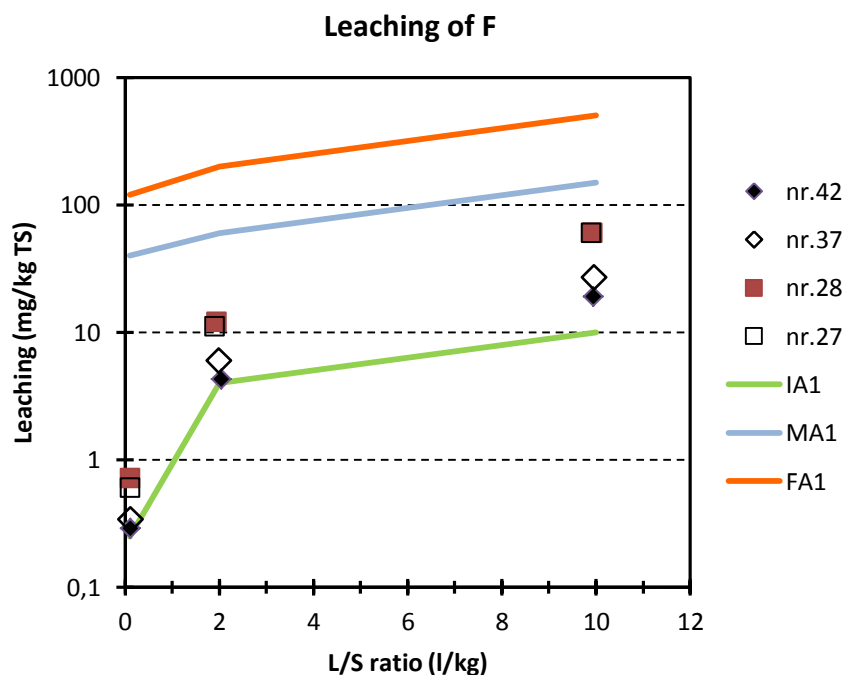


Figur 7.29: Zink (Zn) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.30 ses resultaterne for Klorid. Det ses af figur 7.30, at for Klorid er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



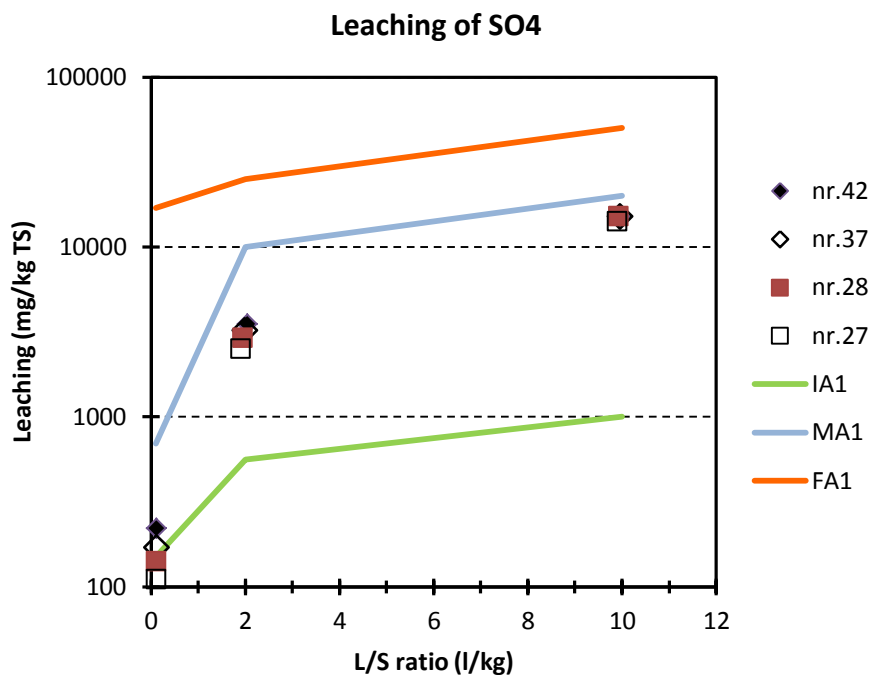
Figur 7.30: Klorid (Cl) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)



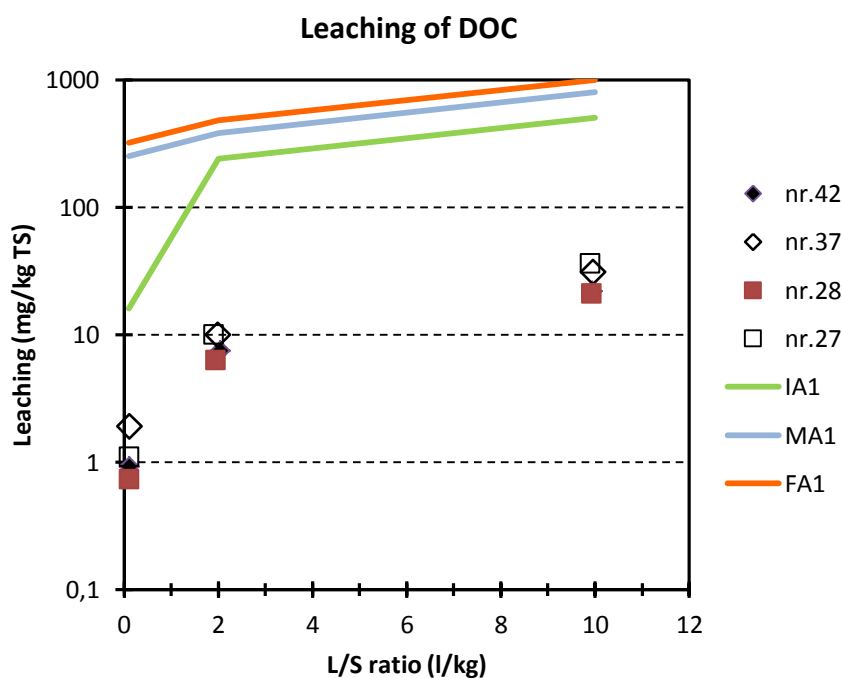
Figur 7.31: Fluorid (F) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.31 ses resultaterne for Fluorid. Det ses af figur 7.31, at for Fluorid er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

På figur 7.32 ses resultaterne for Sulfat. Det ses af figur 7.32, at for Sulfat er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for MA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).



Figur 7.32: Sulfat (SO₄) kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)



Figur 7.33: DOC kolonne udvaskningsresultater fra X-RGA AF01-08 (prøve 27), AF09-16 (prøve 28), AF17-24 (prøve 37), AF25-32 (prøve 42)

På figur 7.33 ses resultaterne for DOC. Det ses af figur 7.33, at for DOC er samtlige grænseværdier for stofudvaskning overholdt for IA1 (L:S=0,1, L:S=2 og L:S=10).

7.3 Sammenfatning batch- og kolonneudvaskning

7.3.1 Batch udvaskning

Fra Ref. 3 fremgår det, at udvaskningsegenskaberne for regelmæssigt produceret affald fastlægges ud fra følgende tests: Kolonneudvaskningstest, batchudvaskningstest samt test, der beskriver udvaskningens afhængighed af pH.

Resultater fra batch udvaskningstests er rare at have, men hvis man har adgang til data fra kolonne udvasknings tests så bør en vurdering af behandlet RGA's udvaskningsegenskaber baseres på kolonne data.

Batch udvaskningstests på X-RGA fra wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding har vist, at stof udvaskningen fra behandlet RGA overholder grænseværdierne for deponering af affald på et deponi klasse MA1.

Batch udvaskningstests på X-RGA fra semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding har ligeledes vist, at stof udvaskningen fra behandlet RGA overholder grænseværdierne for deponering af affald på et deponi klasse MA1.

7.3.2 Kolonneudvaskning X-RGA fra VF

Resultaterne fra kolonne udvaskningstests med X-RGA prøver 8A, 8B, 14A og 14B fra VF er sammenfattet i figur 7.34, figur 7.35, figur 7.36 og figur 7.37.

VF 8A	Drift A	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	MA1	IA1	IA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	IA1	IA1	MA1
Mo	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Ni	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	MA1	MA1	FA1
Se	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO ₄	mg/kg	MA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.34: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 8A (driftsform A).

Af figur 7.34 (driftsform A) fremgår det, at for samtlige parametre med undtagelse af Antimon (Sb) overholdes deponi klasse MA1 udvasknings kriterier. For Antimon er overskridelsen af MA1 kriteriet relativt lille (MA1 krav for L:S=10 er 0,7 mg/kg. Målt værdi var 1,2 mg/kg).

VF nr. 8B	Drift A	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	MA1	MA1	IA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	IA1	IA1	MA1
Mo	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Ni	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	MA1	FA1	FA1
Se	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO ₄	mg/kg	MA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.35: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 8B (driftsform A).

Af figur 7.35 (driftsform A) fremgår det, at for samtlige parametre på nær Antimon overholdes deponi klasse MA1 udvaskningskriterier.

VF nr. 14A	Drift B	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Mo	mg/kg	MA1	IA1	MA1
Ni	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	MA1	FA1	FA1
Se	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO ₄	mg/kg	MA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.36: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 14A (driftsform B).

Af figur 7.36 (driftsform A) fremgår det, at for samtlige parametre med undtagelse af Antimon (Sb) overholdes deponi klasse MA1 udvasknings kriterier. For Antimon er overskridelsen af MA1 kriteriet relativt lille. (MA1 krav for L:S=10 er 0,7 mg/kg. Målt værdi var 1,9 mg/kg og MA1 krav for L:S=2 er 0,2 mg/kg. Målt værdi er 0,5 mg/kg.)

VF nr. 14B	Drift B	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Mo	mg/kg	MA1	IA1	MA1
Ni	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	MA1	FA1	FA1
Se	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO ₄	mg/kg	MA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.37: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 14B (driftsform B).

Af figur 7.37 (driftsform B) fremgår det, at for samtlige parametre med undtagelse af Antimon (Sb) overholdes deponi klasse MA1 udvasknings kriterier. For Antimon er overskridelsen af MA1 kriteriet relativt lille (MA1 krav for L:S=10 er 0,7 mg/kg. Målt værdi var 2,2 mg/kg).

X-RGA i form af wet RGA (flyveaske) fra Vestforbrænding behandlet i HALOSEP processen med såvel driftsform A (høj salt) som driftsform B (lav salt) overholder samtlige udvaskningskriterier for deponering på et deponi klasse FA1 iht. Ref.3.

Det er kun små overskridelser for Antimon (Sb) udvaskningen ved kolonne forsøg L:S=10, der gør at X-RGA ikke overholder deponi klasse MA1 iht. Ref. 3.

7.3.3 Kolonneudvaskning X-RGA fra AF

Resultaterne fra kolonne udvaskningstests med X-RGA prøver fra AF er sammenfattet i figur 7.38, figur 7.39, figur 7.40 og figur 7.41 herunder.

AF nr. 27	Drift A	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Mo	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Ni	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	MA1	FA1	FA1
Se	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO4	mg/kg	IA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.38: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 27 (driftsform A).

Af figur 7.38 (driftsform A) fremgår det, at for samtlige parametre med undtagelse af Antimon (Sb) overholdes deponi klasse MA1 udvasknings kriterier. For Antimon er overskridelsen af MA1 kriterier relativt lille (MA1 krav for L:S=2 er 0,2 mg/kg. Målt værdi var 0,25 mg/kg. MA1 krav for L:S=10 er 0,7 mg/kg. Målt værdi var 1 mg/kg).

Af figur 7.39 (driftsform A) fremgår det, at for samtlige parametre med undtagelse af Antimon (Sb) overholdes deponi klasse MA1 udvasknings kriterier. For Antimon er overskridelsen af MA1 kriterier lidt større (MA1 krav for L:S=2 er 0,2 mg/kg. Målt værdi var 1 mg/kg. MA1 krav for L:S=10 er 0,7 mg/kg. Målt værdi var 4,5 mg/kg).

AF nr. 28	Drift A	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Mo	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Ni	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	MA1	FA1	FA1
Se	mg/kg	MA1	IA1	IA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO4	mg/kg	IA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.39: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 28 (driftsform A).

AF nr. 37	Drift B	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Mo	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Ni	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Se	mg/kg	MA1	IA1	MA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO4	mg/kg	MA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.40: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 37 (driftsform B).

Af figur 7.40 (driftsform B) fremgår det, at for samtlige parametre overholdes MA1 udvasknings kriterier.

AF nr. 42	Drift B	0.1 l/kg	2 l/kg	10 l/kg
As	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Ba	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cd	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cr	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Cu	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Hg	mg/kg	MA1	FA1	MA1
Mo	mg/kg	MA1	MA1	MA1
Ni	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Pb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Sb	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Se	mg/kg	MA1	IA1	IA1
Zn	mg/kg	IA1	IA1	IA1
Cl	mg/kg	MA1	MA1	MA1
F	mg/kg	MA1	MA1	MA1
SO4	mg/kg	MA1	MA1	MA1
DOC	mg/kg	IA1	IA1	IA1

Figur 7.41: Målte værdier for udvaskning af relevante parametre sat i relation til forskellige typer deponier klasser IA1, MA1 og FA1 iht. Ref. 3 for X-RGA prøve 42 (driftsform B).

Af figur 7.41 (driftsform B) fremgår det, at for samtlige parametre med undtagelse af Kviksølv (Hg) overholdes MA1 udvasknings kriterier. For Kviksølv er overskridelsen af MA1 kriterier meget lille (MA1 krav for L:S=2 er 0,05 mg/kg. Målt værdi var 0,052 mg/kg).

X-RGA i form af semi-tørt RGA fra Amagerforbrænding behandlet i HALOSEP processen med såvel driftsform A (høj salt) som driftsform B (lav salt) overholder samtlige udvaskningskriterier for deponering på et deponi klasse FA1 iht. Ref.3.

Det er kun en meget lille overskridelse for kvikslødvaskningen ved kolonneforsøg prøve 42 (L:S=2) samt Antimon (Sb) udvaskningen ved kolonne forsøg prøve 27 og 28 (L:S=2 og L:S=10), der gør at X-RGA fra AF ikke overholder deponi klasse MA1 iht. Ref. 3.

7.4 Kommentarer til organiske parametre i X-RGA

Der er ingen af de undersøgte organiske parametre BTEX, PCB og mineralolie der giver anledning til at X-RGA fra hverken wet RGA (flyveaske) eller semi-tørt RGA skal klassificeres som farligt affald. For parameteren "Sum BTEX" har alle analyserede prøver et indhold på < 1 mg/kg. Samtlige analyserede PCB'er ligger under detektionsgrænsen. Parameteren "Sum af Benzen-C40" ligger gennemsnitligt omkring 200 mg/kg.

I stedet er de fundne indhold af organiske stoffer i X-RGA sammenlignet med grænseværdierne for organiske stoffer i faststofindhold i affald som deponeres på et deponeringsanlæg klasse IA1. På trods af at resultaterne fra kolonneudvaskningstestene viste, at X-RGA ikke opfylder kravene til deponering af affald, der deponeres på anlæg for inert eller mineralsk affald, er det valgt at sammenligne med grænseværdierne for anlæg for inert affald for at kunne vurdere de fundne værdier.

Foruden grænseværdier for udvaskning (Tabel 7.1) skal inert affald overholde følgende grænseværdier (Ref 4) for organiske stoffer i faststofindholdet (Tabel 7.5).

Parameter	Værdi (mg/kg)
TOC (total organisk kulstof)	30.000
BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen og xylen)	6
PCB (polychlorerede biphenyler, 7 kongener)	1
Mineralolie (C10 til C40)	150
Naphtalen	0,5
PAH (polycykliske aromatiske kulbrinter)	4

Tabel 7.5: Grænseværdier for faststofindholdet af organiske stoffer i affald som deponeres på deponeringsanlæg for inert affald klasse IA1.

TOC indholdet i X-RGA fra wet RGA (flyveaske) er ca. 0,8 % og fra semi-tørt RGA er TOC ca. 0,7 %. Begge er under grænseværdien for TOC indhold i inert affald (grænseværdi IA = 3 %).

BTEX indholdet i X-RGA fra wet RGA (flyveaske) er fundet til 0,1 – 0,9 mg/kg, som er under grænseværdien for BTEX indhold i inert affald (grænseværdi IA = 6 mg/kg TS). BTEX indholdet i X-RGA fra semi-tørt RGA kunne ikke bestemmes pga. prøvens fysiske beskaffenhed (Eurofins).

PCB indhold (PCB 7 kongener) i X-RGA fra wet RGA (flyveaske) og semi-tørt RGA kunne ikke påvises (grænseværdi IA = 1 mg/kg TS)

Sum af kulbrinter (C6-C40) i X-RGA fra wet flyveaske er i gennemsnit 235 mg/kg TS hvilket er lidt over grænseværdien for "sum af kulbrinter" i inert affald (grænseværdi IA = 150 mg/kg TS). Sum af kulbrinter (C6-C40) i X-RGA fra semi-tørt RGA kunne ikke bestemmes pga. prøvens fysiske beskaffenhed (Eurofins).

PAH indholdet i X-RGA fra wet RGA (flyveaske) og semi-tørt RGA kunne ikke bestemmes pga. prøvernes fysiske beskaffenhed (Eurofins). PAH kunne ikke analyseres i X-RGA, men PAH indholdet i TMP fra wet RGA (flyveaske) er under grænseværdien for PAH indhold i inert affald (grænseværdi = 4 mg/kg TS). Detektionsgrænsen for PAH'erne er hævet, fordi prøvens fysiske egenskaber har gjort det nødvendigt at tilsætte ekstra ekstraktionsmiddel.

8. Håndtering af produkter fra HALOSEP processen

8.1 OS (RGA >1 mm)fraktionen

Fra tabel 5.9 og tabel 5.10 fås, at OS fraktionen udgør en relativt lille mængde 0,46 % (w/w) fra wet RGA (flyveaske) og 0,67 % (w/w) fra semi-tørt RGA af produkterne fra HALOSEP behandling af wet RGA (flyveaske) og semi-tørt RGA.

Af tabel 6.4 og tabel 6.5 fremgår det, at TOC indholdet i OS fraktionen fra wet RGA (flyveaske) er målt op til 7,4 % (w/w) medens TOC indholdet i OS fraktionen fra semi-tørt RGA er blevet målt til < 0,8 % (w/w). I gennemsnit blev der fundet et TOC indhold på ca. 5 % (w/w) i OS fraktionen fra wet RGA (flyveaske) medens der i gennemsnit blev fundet et TOC indhold på 0,6 % (w/w) i OS fraktionen fra semi-tørt RGA.

Klorid indholdet i OS fraktionen fra wet RGA (flyveaske) er ca. 10 gange højere end klorid indholdet i X-RGA fra wet RGA (flyveaske) medens kloridindholdet i OS fraktionen fra semi-tørt RGA er op til 100 gange højere end klorid indholdet i X-RGA fra semi-tørt RGA.

Det vurderes med baggrund i ovennævnte, at OS fraktionen fra wet RGA (flyveaske) bør håndteres ved at returnere OS fraktionen til forbrændingsanlæggets ovn for at nedbringe TOC indholdet yderligere.

OS fraktionen fra semi-tørt RGA bør håndteres på samme måde ved at returnere OS til forbrændingsanlæggets ovn især pga. det høje indhold af klorid.

8.2 Saltprodukt SP2 driftsform A og B

8.2.1 Saltprodukt fra wet RGA (VF)

Fra tabel 5.5 kolonne 7 fås, at SP2 saltproduktmængden fra wet RGA (flyveaske) forsøgene udgjorde ca. 25-30 % (w/w) af den indgående wet RGA (flyveaske) mængde. Ved driftsform A blev der produceret et saltprodukt SP2 med et saltindhold på ca. 8-9 % (w/w). Sammensætningen af denne saltopløsning blev vist i tabel 31 og tabel 32. I tabel 8.1 er saltproduktet SP2's sammensætning vist som en salt specifikation ved ca. 9 % opløselige salte i SP2 saltopløsningen.

Overslag saltproduktet (Driftform A)			
HALOSEP navn		SP2 TMT VF01-08	SP2 TMT VF09-16
Salte (CaCl ₂ , NaCl, KCl)	% (w/w)	99	99
Salte (CaSO ₄ , MgSO ₄)	% (w/w)	0,5-1	0,5-1
Arsen (As), opløst	As ppm	< 0,01	0,05
Barium (Ba), opløst	Ba ppm	32,5	25,0
Cadmium (Cd), opløst	Cd ppm	0,94	0,03
Chrom (Cr), opløst	Cr ppm	0,03	0,02
Kobber (Cu), opløst	Cu ppm	< 0,01	< 0,01
Kviksølv (Hg), opløst	Hg ppm	0,01	0,00
Molybdæn (Mo), opløst	Mo ppm	1,15	1,15
Nikkel (Ni), opløst	Ni ppm	< 0,01	< 0,01
Bly (Pb), opløst	Pb ppm	0,01	0,01
Antimon (Sb), opløst	Sb ppm	0,53	0,38
Selen (Se), opløst	Se ppm	0,28	0,25
Zink (Zn), opløst	Zn ppm	0,14	0,26

Tabel 8.1: Sammensætningen af SP2 salt tørstof fra wet RGA (flyveaske) drift form A. Indholdet af tungmetal sporstoffer er opgivet i ppm ved ca. 9 % opløselige salte i SP2 saltopløsningen

Ved driftsform B blev der produceret en saltopløsning med ca. 3,1-3,5 % salt indhold. I tabel 8.2 er sammensætningen af saltopløsningen vist ved ca. 3 % opløselige salte. Sporstoffer er anført i mg/L eller µg/L.

Udledning af spildevand (Driftform B)		SP2 TMT VF17-24	SP2 TMT VF25-32
HALOSEP navn			
Salte (CaCl ₂ ,NaCl,KCl)	mg/L	28200	30000
Salte (CaSO ₄ ,MgSO ₄)	mg/L	2120	1510
Arsen (As), opløst	µg/l	1	< 0,8
Barium (Ba), opløst	mg/l	0,5	0,5
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	0,05	0,05
Chrom (Cr), opløst	µg/l	1,6	1,3
Kobber (Cu), opløst	µg/l	< 1	< 1
Kviksølv (Hg), opløst	µg/l	0,8	0,2
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,06	0,08
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	< 1	< 1
Bly (Pb), opløst	µg/l	1,1	3,9
Antimon (Sb), opløst	mg/l	0,04	0,08
Selen (Se), opløst	mg/l	0,02	0,02
Zink (Zn), opløst	mg/l	0,02	0,02

Tabel 8.2: Approx. sammensætning af SP2 saltopløsning fra wet RGA (flyveaske) ved driftsform B. Indholdet af sporstoffer er opgivet i µg/L eller mg/L.

8.2.2 Saltprodukt fra semi-tørt RGA (AF)

Fra tabel 5.6 kolonne 7 fås, at SP2 saltproduktmængden fra semi-tørt RGA forsøgene udgjorde ca. 60-65 % (w/w) af den indgående semi-tørt RGA mængde. Ved driftsform A blev der produceret et saltprodukt SP2 med et saltindhold på ca. 13 % (w/w). Sammensætningen af denne saltopløsning blev vist i tabel 6.15 og tabel 6.16. I tabel 8.3 er saltproduktet SP2's sammensætning vist som en salt specifikation ved 13 % (w/w) opløselige salte i SP2 saltopløsningen.

Saltprodukt SP2 AF (Driftsform A)			
HALOSEP navn		SP2 TMT AF01-08	SP2 TMT AF09-16
Salte (CaCl ₂ ,NaCl,KCl)	% (w/w)	99	99
Salte (CaSO ₄ ,MgSO ₄)	% (w/w)	0,5-1	0,5-1
Arsen (As), opløst	As ppm	< 0,01	< 0,01
Barium (Ba), opløst	Ba ppm	61,5	64,6
Cadmium (Cd), opløst	Cd ppm	0,61	1,08
Chrom (Cr), opløst	Cr ppm	0,06	0,02
Kobber (Cu), opløst	Cu ppm	< 0,01	0,12
Kviksølv (Hg), opløst	Hg ppm	0,004	0,005
Molybdæn (Mo), opløst	Mo ppm	1,8	2,1
Nikkel (Ni), opløst	Ni ppm	< 0,01	< 0,01
Bly (Pb), opløst	Pb ppm	0,06	0,06
Antimon (Sb), opløst	Sb ppm	13,8	4,7
Selen (Se), opløst	Se ppm	0,20	0,15
Zink (Zn), opløst	Zn ppm	0,73	0,32

Tabel 8.3: Sammensætningen af SP2 salt tørstof fra semi-tørt RGA drift form A. Indholdet af sporstoffer er opgivet i ppm ved 13 % opløselige salte i SP2 saltopløsningen

Udledning spildevand Driftsform B		SP2 TMT AF17-24	SP2 TMT AF25-32
HALOSEP navn			
Salte (CaCl ₂ , NaCl, KCl)	mg/L	52255	39962
Salte (CaSO ₄ , MgSO ₄)	mg/L	1290	1516
Arsen (As), opløst	µg/l	< 0,8	< 0,8
Barium (Ba), opløst	mg/l	4,6	2,5
Cadmium (Cd), opløst	mg/l	0,00076	0,001
Chrom (Cr), opløst	µg/l	13	15
Kobber (Cu), opløst	µg/l	< 1	< 1
Kviksølv (Hg), opløst	µg/l	< 0,05	1,2
Molybdæn (Mo), opløst	mg/l	0,27	0,19
Nikkel (Ni), opløst	µg/l	< 1	< 1
Bly (Pb), opløst	µg/l	1,9	7,7
Antimon (Sb), opløst	mg/l	1,1	1,4
Selen (Se), opløst	mg/l	0,013	0,011
Zink (Zn), opløst	mg/l	< 0,005	0,033

Tabel 8.4: Approx. sammensætning af SP2 saltopløsning fra semi-tørt RGA ved driftsform B. Indholdet af sporstoffer er opgivet i µg/L eller mg/L.

Ved driftsform B blev der produceret en saltopløsning med ca. 4,1-5,3 % salt indhold. I tabel 8.4 er sammensætningen af saltopløsningen vist ved ca. 4,5 % opløselige salte. Sporstoffer er vist i mg/L eller µg/L.

8.2.3 Sammenfatning saltprodukt driftsform A og B

Det vurderes med baggrund i saltsammensætninger fra tabellerne 8.1, 8.2, 8.3 og 8.4, at både HALOSEP driftsform A (høj salt) og drift form B (lav salt) er teknisk mulige for behandling af både wet RGA (flyveaske) og semi-tørt RGA, samt at der vil være mulighed for at skifte mellem de to driftsformer efter behov.

Dette gør HALOSEP til en fleksibel RGA behandlingsløsning, hvor det er muligt at fremstille et flydende saltprodukt op til skønsmæssigt 15 % (w/w) saltindhold, som vil kunne genanvendes som vejsalt i den udstrækning at marked herfor og at den tilhørende lagerkapacitet forefindes.

I perioder, hvor der ikke er brug for vejsalt (f.eks. om sommeren) kan man skifte til driftsform B, dvs. udledning af en ca. 3-4 % saltopløsning. Dette svarer i øvrigt til hvad man allerede gør i dag med HCl scrubber væsken (HCLS), som neutraliseres og herefter udledes til recipient, som en fortyndet saltopløsning.

8.3 Behandlet RGA (X-RGA)

8.3.1 X-RGA fra wet RGA (VF)

Fra tabel 5.3 havde vi, at X-RGA udgør ca. 60-64 % (w/w) af den indgående wet RGA (flyveaske).

Det vil herefter blive vurderet, om den behandlede RGA (X-RGA) skal klassificeres som farligt affald i henhold til BEK 1309. I tabel 8.5 ses i kolonne 3 middelværdien af de relevante stoffer, der blev målt i X-RGA fra wet RGA (flyveaske). I kolonne 5 er det vurderet, om den fundne koncentration giver anledning til at X-RGA fra wet RGA (flyveaske) skal klassificeres som farligt affald i henhold til BEK 1309.

I tabel 8.5 kolonne 6 er endvidere medtaget Dioxiner og furaner, som er omfattet af POP-forordningen (EF 850/2004). Dioxiner og furan i affald skal destrueres, hvis indholdet er højere end 15 I-TEQ µg/kg svarende til 15.000 (I-TEQ ng/kg).

Det kan konkluderes, at X-RGA fra wet RGA (flyveaske) som udgangspunkt må klassificeres som farligt affald i henhold til BEK 1309 på grund af et gennemsnitligt blyindhold på 6.550 mg/kg TS.

Stof	Enhed	VF X-RGA middel	AF X-RGA middel	FA klassificering iht BEK 1309	EG850/2004 (POP) Grænse for anden affaldshåndtering	FA limit
Dioxiner og Furaner	I-TEQ(ng/kg TS)	232	-	nej ved 232 I-TEQ	15.000	
Antimon (Sb)	mg/kg ts.	223	742	nej ved 0,074 %		
Arsen (As)	mg/kg ts.	298	205	nej ved 0,029 %		
Barium (Ba)	mg/kg ts.	545	793	nej ved 0,079 %		
Bly (Pb)	mg/kg ts.	6.550	4.350	R61, R52, R53, R33		5.000
Cadmium (Cd)	mg/kg ts.	59	71	nej ved 0,007 %		
Chrom (Cr)	mg/kg ts.	193	262	nej ved 0,026 %		
Kobber (Cu)	mg/kg ts.	1.375	875	nej ved 0,137 %		
Kviksølv (Hg)	mg/kg ts.	28	33	nej ved 0,003 %		
Molybdæn (Mo)	mg/kg ts.	18	8	nej ved 0,002 %		
Nikkel (Ni)	mg/kg ts.	66	68	nej ved 0,007 %		
Selen (Se)	mg/kg ts.	9	na.	nej ved 0,001 %		
Zink (Zn)	mg/kg ts.	19.500	17.750	nej ved 1,95 %		
Blyforbindelser (f.eks amorft PbO, PbO₂)						
Vedr R52 og R53 (Miljøfarlig vandmiljøet). Udvaskning overholder grænser for "Inert affald" iht kolonneudvaskningsforsøg						

Tabel 8.5: Oversigt over hvorvidt de fundne indhold af enkeltstoffer giver anledning til klassificering af X-RGA som farligt affald. Tabellen indeholder resultater for X-RGA fra både Vestforbrænding og Amagerforbrænding.

I afsnit 6.3.4.1 blev det diskuteret, at blyindholdet i X-RGA varierer meget i forhold til de øvrige stoffer. Specielt var blyindholdet i prøve VF17-24 ca. 2-3 gange højere end i de øvrige prøver. I gennemsnit er blyindholdet i tre prøver X-RGA (eksklusiv prøve VF17-24) på 5.066 mg/kg, dvs. tæt på grænseværdien for klassificering af X-RGA som "farligt affald".

Grænseværdien for, hvornår affald indeholdende bly skal klassificeres som farligt (i form af blyforbindelser indexnr.82-001-00-6) (Reproduktions skadende R61) er iflg. BEK1309 (18-12-2012) 0,5 %. Der er ikke fastsat grænseværdier for miljøfare (R50, R51, R52 og R53) iflg. BEK 1309 (18-12-2012). Det skal bemærkes, at fsa. udvaskning af bly overholder X-RGA fra VF grænseværdierne for udvaskning af bly fra "Inert affald" (figur 7.34, figur 7.35, figur 7.36 og figur 7.37). Inkluderes usikkerheden på analyserne (15-20 %) kan det ikke umiddelbart afgøres, om X-RGA fra VF skal klassificeres som mineralsk affald eller farligt affald. Ved at foretage en grundlæggende karakterisering af X-RGA fra VF kan dette afgøres med større sikkerhed.

I afsnit 7 (batch- og kolonne udvaskning) blev det endvidere konkluderet, at det er muligt at deponere X-RGA fra VF på deponi for farligt affald FA1 i Danmark.

8.3.2 X-RGA fra semi-tørt RGA

Fra tabel 5.4 havde vi, at X-RGA fra semi-tørt RGA udgør ca. 45-50 % (w/w) af den indgående RGA. Som for X-RGA fra wet RGA (flyveaske) vurderes det først, om den behandlede RGA skal klassificeres som farligt affald. I tabel 8.5 ses i kolonne 4 middelværdien af de relevante stoffer der er målt i X-RGA fra semi-tørt RGA. I kolonne 5 er det vurderet, om den fundne koncentration giver anledning til af X-RGA fra semi-tørt RGA skal klassificeres som farligt affald i henhold til BEK 1309.

Det vurderes fra tabel 8.5, at X-RGA fra semi-tørt RGA som udgangspunkt kan klassificeres som ikke farligt affald i henhold til BEK 1309. Det gennemsnitlige blyindhold i X-RGA fra semi-tørt RGA er 4.350 mg/kg TS.

I afsnit 7 (batch- og kolonne udvaskning) blev det konkluderet, at det er muligt at deponere X-RGA fra semi-tørt på deponi for farligt affald FA1 i Danmark. Det er pga. små overskridelser for Antimon (Sb) i kolonneudvaskningstesten, der overskrider grænseværdien for MA1.

8.4 TMP (Tungmetal filterkager)

8.4.1 TMP fra wet RGA (VF)

Mængden af TMP (tørstof) fra wet RGA (flyveaske) udgør som nævnt i tabel 17 ca. 3 % (w/w) ved driftsform A og ca. 4,3 % (w/w) ved driftsform B. Som filterkage inklusive vand udgør TMP mængden ca. 11 % (w/w) af indgående wet RGA (flyveaske).

Det fremgik af tabel 6.14, at der var et meget højt Zink indhold på ca. 30 % (w/w) i TMP tørstoffet fra behandling af wet RGA (flyveaske) fra både driftsform A og driftsform B. Saltindholdet på ca. 25 % (w/w) i TMP tørstof fra wet RGA (flyveaske) var også højt.

Saltindholdet vil kunne sænkes ved skylning af TMP filterkagen med vand. Ved skylning af TMP filterkagen vil mængden af TMP tørstof fra wet RGA (flyveaske) kunne reduceres til 2,5-3 %. TMP filterkagemængden reduceres tilsvarende til 8-10 % (w/w). Zinkindholdet i TMP tørstof fra wet RGA (flyveaske) vil samtidig kunne øges til omkring 38-40 % (w/w).

8.4.2 TMP fra semi-tørt RGA (AF)

Mængden af TMP (tørstof) fra semi-tørt RGA udgør som nævnt i tabel 18 ca. 4,6 % (w/w) ved driftsform A og ca. 5,4 % (w/w) ved driftsform B. Som filterkage inklusive vand udgør TMP mængden 14-17 % (w/w) af indgående semi-tørt RGA.

Det fremgik af tabel 6.15, at der var et betydeligt lavere Zink indhold på ca. 4,2 % (w/w) i TMP tørstof fra behandling af semi-tørt RGA fra både driftsform A og driftsform B. Saltindholdet i TMP tørstof fra semi-tørt RGA var ca. 10 % ved driftsform B og 20 % (w/w) ved driftsform A fra behandling af semi-tørt RGA. Zinkindholdet i TMP tørstof fra semi-tørt RGA vil kunne øges til omkring 5-6 % (w/w) ved skylning af filterkagen med vand.

8.4.3 Sammenfatning TMP

Zink indholdet i TMP er en afgørende parameter når man vurderer om videre oparbejdning af TMP er økonomisk rentabelt. Der findes afsætningsmulighed for zinkkoncentrater med svovlholdige eller oxidholdige råmaterialer på zinkanlæg i både Norge og Finland.

TMP skal betragtes som et zinkkoncentrat hvor zinkanlægget betaler for "zinkindholdet" i koncentratet, typisk 85 % af zinkværdien. Endvidere vil zinkanlægget beregne et fradrag på f.eks. 4-8 % ved zinkkoncentrater med lavt zinkindhold. Herudover vil der være en behandlingsomkostning på ca. 1.500 DKK/ton tørstof. Dette betyder, at det ikke vil være økonomisk rentabelt at udvinde Zink fra zinkkoncentrater med lavt zinkindhold.

Grænsen for hvornår det er økonomisk rentabelt at genvinde Zink fra et zinkkoncentrat (TMP) kan skønnes til at ligge omkring 20 % zinkindhold i koncentratet ved en zinkpris på 1.950 \$/ton.

Det betyder, at medens det er økonomisk rentabelt at genvinde Zink fra TMP fra wet RGA (flyveaske) er det ikke rentabelt at genvinde Zink fra TMP fra semi-tørt RGA.

TMP fra wet RGA (flyveaske) bør håndteres således, at Zink udvindes og genanvendes. Det vil være fordelagtigt at skylle TMP filterkagen så zinkindholdet bliver så højt som muligt omkring 40 %. TMP fra wet RGA (flyveaske) vil herefter kunne repræsentere en indtægt på ca. 1.580 DKK/ton tørstof baseret på en dollarkurs på ca. 6 DKK.

TMP fra semi-tørt RGA bør derimod håndteres sammen med X-RGA fra semi-tørt RGA.

9. Teknisk økonomisk analyse

Med baggrund i resultaterne fra afsnit 8 kan håndteringen af HALOSEP produkter opsummeres som vist i tabel 9.1.

HALOSEP fraktion	Wet RGA (flyveaske) Vestforbrænding	Semi-tørt RGA Amagerforbrænding
RGA type	"Wet RGA(flyveaske)"	"Semi-tørt RGA"
P1. OS overstr > 1 mm	Retur ovn	Retur ovn
P2. X-RGA	Deponi DK FA1	Deponi DK FA1
P3A. Saltprodukt drift form A	Genanvendelse/vejsalt	Genanvendelse/vejsalt
P3B. Saltprodukt drift form B	Udledning	Udledning
P4. TMP produkt	Zn-genvinding	Deponi DK FA1

Tabel 9.1: Håndtering af HALOSEP produkter. Drift form A eller B kan vælges afhængigt af mulighed for afsætning af saltprodukt.

9.1 HALOSEP basis scenariet

HALOSEP basis scenariet, som vil blive gennemgået herunder, baseres på mængder af henholdsvis wet RGA(flyveaske), scrubber væske og wet RGA til deponi (på Langoya) fra Vestforbrænding (grønne regnskaber 2011 og 2012).

Indgående og udgående mængder ved deponering på Langoya samt beregnede udgående mængder for et 17.000 ton HALOSEP "Wet RGA" behandlingsanlæg er summeret i tabel 9.2. HALOSEP behandlingsskapaciteten svarer til den mængde wet RGA der i dag transporteres til Langoya (16.883 ton). Det er forudsat at genanvendelse af salt kun er muligt i vinterhalvåret (oktober-marts).

Mængder basis scenarie "HALOSEP (Wet RGA)"	Strøm	Enhed	Mængder	Bemærkninger
Wet RGA (flyveaske)	I dag	Ton	13.000	flyveaske
Scrubber væske	I dag	M ³	35.000	A5/A6 mix
Wet RGA (inkl. slam)	I dag	Ton	16.883	Til Langoya idag
OS overstr > 1 mm	P1	Ton	100	Retur Ovn(e)
X-RGA inkl. 30%vand	P2	Ton	10.461	Deponi DK FA1
Salt drift form A (50% genvinding)	P3A	Ton "salt TS"	1.950	Genanvendelse/vejsalt 10-12% Opl.
Salt drift form B (50% udledning)	P3B	Ton "salt TS"	1.950	Udledning (iht. gældende tilladelse)
TMP produkt 40 % Zink indhold	P4	Ton	364	Zn-genvinding
HALOSEP produkter		Ton	14.790	

Tabel 9.2: Indgående mængder og udgående mængder til "deponi" i dag. Strømmene P1, P2, P3A, P3B og P4 i kolonne 2 er produktmængder fra HALOSEP behandling af Wet RGA (flyveaske) med scrubber væske. NB: 50% salt genvindes ved drift form A og 50% salt udledes ved drift form B som i dag. Zink genvindes.

I tabel 9.3 ses skønnede enhedsomkostninger ved nuværende wet RGA behandling pr. ton wet RGA (flyveaske). Den samlede årlige omkostning til deponering i Norge, neutralisering af scrubber væske samt udledning af saltvand er beregnet til ca. 17,2 mio. DKK (gennemsnit for 2011 og 2012). Dette giver en samlet behandlingspris på 1.324 DKK pr ton wet RGA (flyveaske) inkl. transport. Heri er dog ikke medtaget omkostninger til vedligeholdelse, el, personaleomkostninger, forrentning af kapital og afskrivninger.

Personaleomkostninger til den eksisterende flyveaske- og scrubber væske behandling er baseret på et skøn fra Vestforbrænding. Omkostninger til vedligeholdelse anvendt i tabel 9.3 er ligeledes skønnede. Den samlede wet RGA behandlingspris inkl. personaleomkostninger og vedligeholdelse bliver herefter på ca. 18,4 mio. DKK eller 1.415DKK pr ton wet RGA (flyveaske). Omkostninger til el samt forrentning af kapital og afskrivninger er ikke medtaget.

Deponering i dag (Wet RGA)	Pris/ton Wet RGA (flyveaske)	Kommentar
I1:Deponering Norge	1086 (836) ¹	Pr ton wet RGA(flyveaske) inkl. transport Pr ton wet RGA (inkl. slam) og transport
I2:Neutralisering HCLS	156	Kemikalier CaCO ₃ , NaOH, TMT15 (Grønne regnskaber 2011-2012)
I3:Udledning	82	(udledning iht. gældende tilladelse) (Grønne regnskaber 2011-2012)
Omk. I1-I3 (inkl. HCLS)	1.324	Pr ton RGA _{IND}
Vedligeholdelse	30	Skønnet omkostning
Personaleomkostninger	61	1,5 person 2 skift
Omk. Total inkl. HCLS	1.415	pr ton RGA _{IND} , ekskl. forrentning og afskrivning

Tabel 9.3: Omkostninger i kr./ton wet RGA (flyveaske) til deponering på Langoya i dag, til neutralisering af scrubber væske, til udledning af spildevand, til vedligeholdelse og personaleomkostninger. Omkostninger til el, forrentning og afskrivninger er ikke inkluderet. ¹ approx. omkostning i dag for deponering af wet RGA(inkl. slam) og transport.

I tabel 9.4 ses skønnede omkostninger ved HALOSEP "Wet RGA" behandling af samme mængder flyveaske og scrubber væske og håndtering af HALOSEP produkter, som vist i tabel 9.2.

Omkostningerne til vedligeholdelse er medtaget medens afskrivninger og forrentning af anlæg ikke er medtaget.

Deponeringsprisen for farligt affald på danske deponier er opdateret til gældende 2014 takster. Til deponeringsprisen er der indregnet en statsafgift på 475 kr./ton (gældende fra 2015) selv om den gældende statsafgift for 2014 kun udgør 160 kr./ton. Udledning af saltvand fra HALOSEP sker som i dag på Vestforbrænding iht. gældende udledningstilladelse og til samme omkostning pr m³ spildevand. El, varme og kemikaliepriser (Kalk, natriumhydroxid og TMT15) er opdaterede til december 2013 niveau. Endvidere er skønnede omkostninger for transport af X-RGA til deponi, salt til genanvendelse samt TMP til genanvendelse inkluderet i enhedspriserne i tabel 9.4.

Basis Scenario HALOSEP 17 kT Wet RGA (flyveaske)	DKK/ton Wet RGA (flyveaske)	Kommentar
P1. OS håndtering	0,5	Retur Ovn(e)
P2. X-RGA håndtering	582	Deponeringspris DK FA1 inkl. transport og inkl. afgift 475 kr./ton
P3A. Salt drift form A håndtering	-45	Genanvendelse/vejsalt 10-12% Opl. (Pr. ton inkl. transport)
P3B. Salt drift form B håndtering	39	Udledning iht. gældende tilladelse (grønne regnskaber middel)
P4. TMP produkt håndtering	-41	Zn-genvinding (40 % Zink) (Pr. ton inkl. transport)
Omk. P1-P4 inkl.	536	Håndtering af P1-P4
Vedligeholdelse	60	
El, Kemikalier, Varme	158	El, Kalk, NaOH, TMT15, varme (tørring)
Personaleomkostninger	88	2 personer, 2 skift
Omk. Total (inkl. HCLS)	842	

Tabel 9.4: Omkostninger i kr./ton wet RGA (flyveaske) i basis HALOSEP scenariet for wet RGA (flyveaske)

Sammenlignes de totale omkostninger pr ton Wet RGA (tør flyveaske) for HALOSEP basis scenariet 842 kr./ton med deponering i dag scenariets 1.415 kr./ton fås at HALOSEP basis scenariet samlet giver en ca. 40 % billigere RGA (inkl. scrubber væske) behandling.

Det skal bemærkes, at omkostninger til el, vedligeholdelse, afskrivninger, forrentning ikke er medtaget i "deponering i dag" scenariet (tabel 9.3). I HALOSEP basis scenariet (tabel 9.4) er det kun omkostninger til forrentning og afskrivning, som ikke er medtaget.

9.1.1 HALOSEP scenarie med salt udledning (driftsform B)

I tabel 9.5 herunder er det undersøgt hvilken økonomisk betydning det vil have ved at overgå fra HALOSEP basis scenariet til HALOSEP drift form B scenariet. Driftsform B scenariet er uden oplagring af saltkoncentrat og med udledning iht. gældende udledningstilladelse af saltvand hele året. Det kan beregnes, at HALOSEP driftsform B scenariet med total omkostninger på 922 kr./ton wet RGA (flyveaske) (fra tabel 9.5) giver en besparelse på ca. 35 % i forhold til ”deponering i dag” scenariet.

Driftsform B HALOSEP 17 kt Wet RGA (flyveaske)	DKK/ton Wet RGA (flyveaske)	Kommentar
P1. OS håndtering	0,5	Retur Ovn(e)
P2. X-RGA håndtering	582	Deponeringspris DK FA1 inkl. transport og inkl. afgift 475 kr./ton
P3B. Salt drift form B Håndtering	79	Udledning iht. gældende tilladelse (grønne regnskaber middel)
P4. TMP produkt Håndtering	-41	Zn-genvinding (40 % zink) Pr ton TMP inkl. transport
Omk. P1-P4 inkl.	620	Håndtering af P1-P4
Vedligeholdelse	56	
El, Kemikalier, Varme	158	El, Kalk, NaOH, TMT15, varme (tørring)
Personaleomkostninger	88	2 personer, 2 skift
Omk. Total (inkl. HCLS)	922	

Tabel 9.5: Skønnede omkostninger i kr./ton wet RGA(flyveaske) ved HALOSEP behandling med udledning af salt (driftsform B).

Det skal igen bemærkes, at omkostninger til el, afskrivninger, forrentning ikke er medtaget i ”deponering i dag” scenariet (tabel 9.3). I HALOSEP drift form B scenariet (tabel 9.5) er det kun omkostninger til forrentning og afskrivning, som ikke er medtaget.

9.1.2 HALOSEP scenarie med saltudledning og TMP deponering

I tabel 9.6 herunder er det undersøgt hvilken betydning det vil have at overgå fra HALOSEP basis scenariet til HALOSEP med udledning af salt (drift form B) og samtidig deponere TMP, som ikke tørrede filterkager sammen med X-RGA.

Det ses fra tabel 9.6, at HALOSEP driftsform B inkl. TMP deponering scenariet med totalomkostninger på 995 kr./ton giver en besparelse på ca. 30 % i forhold til ”deponering i dag” scenariet.

Det skal igen bemærkes, at omkostninger til el, afskrivninger, forrentning ikke er medtaget i ”deponering i dag” scenariet (tabel 9.3). I HALOSEP drift form B inklusive TMP deponering scenariet (tabel 9.6) er det kun omkostninger til forrentning og afskrivning, som ikke er medtaget.

Driftsform B/TMP depo. HALOSEP 17 kt Wet RGA (flyveaske)	DKK/ton Wet RGA (flyveaske)	Kommentar
P1. OS håndtering	0,5	Retur Ovn(e)
P2. X-RGA håndtering	582	Deponeringspris DK FA1 inkl. transport og afgift 475 kr./ton
P3B. Salt drift form B Håndtering	79	Udledning iht. gældende tilladelse (grønne regnskaber middel)
P4. TMP produkt Håndtering	95	Deponeringspris DK MA1 inkl. transport og afgift 475 kr./ton
Omk. P1-P4 inkl.	756	Håndtering af P1-P4
Vedligeholdelse	51	
El, Kemikalier	107	Ingen tørring TMP
Personaleomkostninger	81	2 personer, 2 skift
Omk. Total (inkl. HCLS)	995	

Tabel 67: Skønnede omkostninger i kr./ton wet RGA (flyveaske) ved HALOSEP behandling med udledning af salt (driftsform B) inklusive TMP deponering.

9.2 Teknisk økonomisk sammenfatning

HALOSEP behandling af wet RGA (flyveaske) kan give mulighed for genvinding af salte og Zink allerede i dag. Op til 35-40 % af wet RGA (flyveaske) inkl. scrubber væske og 55-60 % af semi-tørt RGA inkl. scrubber væske kan genvindes i form af salte og Zink. Genvinding af X-RGA som tilsatsmateriale i f.eks. anlægskonkret kan blive teknisk muligt fremover, men kræver yderligere dokumentation. Samtidig med genvinding af salt og oparbejdning af Zink kan der potentielt opnås økonomiske besparelser på RGA behandling på ca. 30-40 % i forhold til i dag.

10. Forkortelser

AF: Amagerforbrænding

DHI: Dansk Hydraulisk Institut

DM: Dry Matter (tørstof)

DMT: Dry Metric Ton

FA1: Farligt affald. Kystnært placerede deponeringsanlæg, hvor anlægsfaktor $< 0,16$ med udvaskningskrav svarende til grænseværdier i EU-Rådsbeslutningen og hvor 5 % minimumsfortyndingen i overfladeområdet er 1.300 gange for et samlet deponeringsareal på 10.000 m².

HCLS: HCl scrubber væske

IA1: Inert affald. Kystnært placerede deponeringsanlæg, hvor anlægsfaktor $< 0,5$ med udvaskningskrav svarende til grænseværdier i EU-Rådsbeslutningen og hvor 5 % minimumsfortyndingen i overfladeområdet er 60 gange for et samlet deponeringsareal på 10.000 m².

L:S: Forholdet mellem væske og faststof

MA1: Mineralsk affald. Kystnært placerede deponeringsanlæg, hvor anlægsfaktor $< 0,4$ med udvaskningskrav svarende til grænseværdier i EU-Rådsbeslutningen og hvor 5 % minimumsfortyndingen i overfladeområdet er 250 gange for et samlet deponeringsareal på 10.000 m².

OS: Overstørrelser (materiale > 1 mm)

RGA: Røggasrensningsaffald

Semi-dry RGA: Flyveaske med reaktionsprodukter og overskudskalk fra semi-tør røggasrensning

SP: Saltprodukt

SP₁: Saltprodukt fra fældning 1

SP₂: Saltprodukt fra fældning 2

TMP: tungmetalprodukt fra HALOSEP processen

TS: tørstof

VF: Vestforbrænding

Wet RGA: Flyveaske inklusive slam fra neutralisering af scrubber væske fra røggasrensning m. "våd proces"

Wet RGA (flyveaske): Flyveaske fra røggasrensning m. "våd proces"

X-RGA: behandlet RGA fra HALOSEP

11. Referencer

Ref. 1: Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg 2003/33/EF

Ref. 2: Vurdering af danske grundvandsmagasiners sårbarhed overfor vejsalt, GEUS rapport, 2009

Ref. 3: BEK 719/2011 Bekendtgørelse om deponeringsanlæg

Ref. 4: BEK 1309/2012 Affaldsbekendtgørelsen

Ref. 5: Grønt regnskab Vestforbrænding 2011

Ref. 6: Grønt regnskab Vestforbrænding 2012

Ref. 7: Miljø og samfundsøkonomisk vurdering af metoder til håndtering af røggasrensningsprodukter. (Cowi 2005)

12. Bilag

12.1 Bilag 1: "Saltgenvinding fra røggasrensningsaffald"

Slutrapport
Version 11. december 2009
MST Projekt M3285-0010

Pilotforsøg med sambehandling af røggasrensningsaffald (RGA) og halogenholdigt affald



"Saltgenvinding fra røggasrensningsaffald"

Stena Metall A/S
Banemarksvej 40
DK 2605 Brøndby

Projekt nr. WA20.00

Projektleder:
Erik Rasmussen
Stena Metall A/S

Indhold

FORORD	97
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	98
SUMMARY AND CONCLUSIONS	101
1 INDLEDNING	103
2 FORMÅL MED PROJEKTET	104
3 HALOSEP PROCESSEN	105
3.1 FLOW DIAGRAM	105
4 FORBRÆNDINGSANLÆGGENE	107
4.1 RØGGASRENSNINGEN PÅ AMAGERFORBRÆNDING	107
4.2 PRØVEUDTAGNING PÅ AMAGERFORBRÆNDING	108
4.3 RØGGASRENSNINGEN PÅ VESTFORBRÆNDING	109
4.4 PRØVEUDTAGNING PÅ VESTFORBRÆNDING	109
4.5 SCRUBBERVÆSKE (HCL AFFALD) FRA VESTFORBRÆNDING	111
5 ANALYSER AF MATERIALER/PRODUKTER	113
5.1 ANALYSER AF INDGÅENDE RØGGASRENSNINGSAFFALD	113
5.2 ANALYSER AF SALT PRODUKT	113
5.3 ANALYSER AF BEHANDLET RØGGASRENSNINGSAFFALD (X-RGA)	114
5.3.1 <i>Udvasningstest på behandlet RGA</i>	114
5.4 ANALYSER AF TUNGMETALPRODUKT (FILTERKAGER)	114
6 HALOSEP PILOTANLÆG TESTS	115
6.1 OVERBLIK OVER HALOSEP TESTS	115
6.2 KARAKTERISERING AF SEMITØRT RGA FRA AF	116
6.3 KARAKTERISERING AF WET RGA FRA VF	117
6.4 KARAKTERISERING AF AFFALDS HCL (SCRUBBERVÆSKE VF)	117
6.5 KARAKTERISERING AF PRODUKTER FRA HALOSEP TESTS	118
6.5.1 <i>Karakterisering af groft materiale</i>	118
6.5.2 <i>Karakterisering af saltprodukt (før/efter fældning)</i>	118
6.5.3 <i>Karakterisering af behandlet RGA (x-RGA)</i>	120
6.5.4 <i>Karakterisering af tungmetal produktet</i>	121
6.5.5 <i>Karakterisering af returvand</i>	122
7 UDVASKNINGSTESTS MED X-RGA	123
8 MASSEBALANCER	125
8.1 TØRSTOF – OG KLORBALANCER	125
8.2 TUNGMETALLER	127
8.3 DIOXINER OG FURANER	131
9 TEKNISK, MILJØMÆSSIG OG ØKONOMISK DISKUSSION	133
REFERENCER	139
BILAG A RGA ANALYSER FRA AMAGERFORBRÆNDING	140
BILAG B EU DIREKTIV 2003/33/EC	FEJL! BOGMÆRKE ER IKKE DEFINERET.
BILAG C DIOXINER OG FURANER ANALYSER	FEJL! BOGMÆRKE ER IKKE DEFINERET.

Forord

Denne rapport er slutrapport i forbindelse med projektet ”Pilotforsøg med sambehandling af røggasrensningsaffald (RGA) og andet halogenholdigt affald”. Projektet er udført af RGS90 Watech i perioden 2004-2006 og fra 2007 af Stena Metall A/S med støtte fra Miljøstyrelsen.

Følgende medarbejdere hos RGS90 Watech og Stena Metall A/S har deltaget i gennemførslen af projektet:

Martin L Skands, RGS90 Watech

Uffe Rahbek, RGS90 Watech

Troels H Pedersen, RGS90 Watech

Tine C Rohde, RGS90 Watech

Erik Rasmussen, Stena Metall A/S (tidligere RGS90 Watech)

Fra Amagerforbrænding (AF) og Vestforbrænding (VF) har følgende personer deltaget i projektet:

Poul Bach Olsen, Amagerforbrænding

Randi S Pedersen, Amagerforbrænding

Kim Crillesen, Vestforbrænding

Københavns Kommune har været behjælpelig med miljøgodkendelse i forbindelse med projektet og tak til TR Granit for at har hjulpet med plads til etablering af pilotanlægget. Projektet har været fulgt af en styregruppe med deltagelse af Erik Rasmussen samt Karsten Ludvigsen fra RGS90 Watech. Miljøstyrelsen blev repræsenteret af Tonni Christensen, som var formand for styregruppen.

Hos RGS90 Watech er Karsten Ludvigsen udtrådt af styregruppen for projektet med virkning fra d. 1. august 2007. Hos Miljøstyrelsen har Lene Gravesen d. 1. august 2008 afløst Tonni Christensen i forbindelse med færdiggørelse af rapporten.

Projektet er gennemført med projektomkostninger på 4.332.965,-. Miljøstyrelsen har finansieret kr. 598.183 og RGS90 Watech A/S (nu Stena Metall A/S har finansieret restbeløbet).

Sammenfatning og konklusioner

Hvad er HALOSEP processen

Med HALOSEP processen kan man genvinde klor i form af salte ud fra bl.a. affald fra vore forbrændingsanlæg. Affaldet kan enten være i fast form som røggasrensningsaffald (RGA) eller flydende som HCl scrubber væske (HCSL). Scrubber væske er en affaldsstrøm der kommer fra klorbrinte absorption på affaldsforbrændingsanlæg med såkaldt våd røggasrensning. Røggasrensningsaffaldet kan komme fra forbrændingsanlæg der kan have installeret forskellige processer til røggasrensning f.eks. i form af tør røggasrensning, semi-tør røggasrensning eller våd røggasrensning.

Klorindholdet i røggasrensningsaffaldet samt i scrubber væsken kommer udelukkende fra affaldet der tilføres forbrændingsanlægget. Der er også mulighed for at tilsætte HCl fra eksterne kilder i HALOSEP processen.

Det primære formål med HALOSEP processen er at behandle RGA så den mængde RGA der skal bortskaffes til deponi bliver reduceret og samtidigt genvinde klor fra RGA i form af salte. Et sekundært formål med HALOSEP processen er at reducere udvaskningen fra den RGA som deponeres.

HALOSEP pilotanlægget, som er anvendt i dette projekt, er bygget som et mobilt anlæg indbygget i to containere. Anlægget er konstrueret således, at der et minimum antal forbindelser mellem de to containere. HALOSEP pilotanlægget kræver tilførsel af saltsyre, kalk, elektricitet og vand.

Hvad er undersøgt

Røggasrensningsaffald fra de to store danske forbrændingsanlæg Amagerforbrænding (AF) og Vestforbrænding (VF) er i nærværende projekt behandlet med HALOSEP processen. Herudover er scrubber væske (HCSL) fra VF anvendt som saltsyrekilde til HALOSEP processen. Samtlige pilottests blev gennemført i perioden oktober 2005 til juli 2006.

I projektet er RGA blevet karakteriseret før og efter HALOSEP processen og scrubber væsken er karakteriseret før HALOSEP processen. Det saltprodukt og det tungmetalprodukt, som dannes ved processen er ligeledes blevet karakteriseret. Herudover er der udført udvaskningstests på det behandlede RGA, og resultaterne er sammenholdt med acceptkriterier i EU's Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg. Endelig er der foretaget en økonomisk vurdering af HALOSEP processen.

Hvilke resultater er opnået

I det følgende er resultaterne sammenfattet.

Mængden af behandlet røggasrensningsaffald til bortdisponering er efter HALOSEP behandling reduceret med omkring 74 % for semi-tørt RGA og omkring 49 % for wet-RGA på tørstofbasis. Mængdereduktionen er en følge af at Ca(OH)_2 og CaCO_3 i RGA omsættes til vand, CaCl_2 og CO_2 ved tilsætning af HCl.

Med hensyn til genvinding af klor viser resultaterne fra pilottestene, at mere end 99 % af klormængden i affaldet kunne genvindes med HALOSEP processen. Det er med projektet vist, at genvinding af klor i form af salte fra røggasrensningsaffald fra forbrændingsanlæg er muligt med HALOSEP processen. Hvorvidt saltene kan genanvendes, er ikke nærmere belyst i dette projekt.

Mængden af saltprodukt fra HALOSEP behandling af et ton semi-tørt RGA er 450-700 kg afhængigt af procesbetingelserne. Mængden af saltprodukt fra HALOSEP behandling af et ton wet-RGA er, afhængigt af procesbetingelserne, omkring 290-330 kg. Saltproduktet er en koncentreret saltopløsning med et saltindhold på 20 % (w/w) eller mere. Saltproduktets indhold af både tungmetaller, dioxiner og furaner er tæt på eller under analysegrænseværdierne.

Tungmetal produktet (HMP), hvori RGA's indhold af tungmetaller opkoncentreres i HALOSEP processen, udgør omkring 1-5 % (w/w) af den indgående rå RGA. Tungmetalproduktets høje koncentration af tungmetaller gør, at det skal deponeres på deponeringsanlæg for farligt affald. Der er målt et zinkindhold på op til 18 % i HMP produktet. Mulighederne for recycling/genvinding af tungmetallerne f.eks. zink fra HMP er ikke undersøgt i projektet.

De gennemførte udvaskningstest viser, at det HALOSEP behandlede RGA (for de analyserede tungmetaller) overholder acceptkriterierne i EU's Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg for "ikke farligt affald" (deponeret i samme celler som stabilt ikke reaktivt affald). Dette gælder dog ikke kviksølv – og i en enkelt test cadmium – hvor der ses en overskridelse af kriterierne. Testene viser også, at acceptkriterierne for deponering på deponeringsanlæg for "ikke farligt affald" er overskredet for klor. Det vurderes dog, at denne grænseværdi kan overholdes ved at justere på HALOSEP processen.

Det skal understreges, at udvaskningstestene ikke har omfattet en række af de stoffer, som der i Rådsbeslutningen om deponering er opstillet acceptkriterier for. Udvasningstestene har således ikke omfattet Ba, Mo, Ni, Sb, Se, F og DOC (opløst organisk kulstof). Der er heller ikke udført de faststofanalyser, som forudsættes i rådsbeslutningen. Hertil kommer, at den danske implementering af Rådsbeslutningen indebærer en skærpelse af visse acceptkriterier, specielt for ikke kystnært beliggende deponeringsanlæg. Af disse årsager er det ikke på grundlag af de gennemførte analyser, muligt at vurdere, hvorvidt det behandlede RGA overholder Rådsbeslutningens kriterier for deponering på deponeringsanlæg for ikke farligt affald eller de kommende danske kriterier herfor.

Hvad er økonomien i HALOSEP behandling af røggasaffald

Økonomien i HALOSEP behandling af RGA er vurderet for et 20.000 ton/år HALOSEP® anlæg sammenlignet med deponering af rå ubehandlet RGA. Det er antaget, at det HALOSEP behandlede RGA deponeres på deponeringsanlæg for farligt affald, som man gør i dag. Der er anvendt et prisniveau fra 2007. Det overordnede resultat af økonomivurderingen er, at omkostningerne til behandling af RGA med HALOSEP processen, og til deponering af behandlet RGA, overstørrelser (materiale større end 1 mm) og HMP produkt er mindre end omkostningerne til deponering af rå ubehandlet RGA. Herudover er det i dag således, at rå RGA tilsættes vand således, at der opnås et TS på omkring 75-77 %. Tages der højde herfor er der yderligere væsentlige omkostningsreduktioner ved HALOSEP behandling af RGA i forhold til deponering i dag, dvs. ubehandlet inkl. vandtilsætning.

Tager man højde for i økonomivurderingen, at man i praksis tilsætter ca. 25 % (w/w) ekstra vand til rå RGA, som der også skal betales for ved deponering, kan omkostningsreduktionen ved anvendelse af et 20 kton/år HALOSEP behandlingsanlæg sammenlignet med deponering af ubehandlet RGA inkl. vandtilsætning kunne beregnes til at udgøre omkring 54 % for semi-tørt RGA og omkring 31 % for wet-RGA.

Besparelser i omkostningerne ved ikke at skulle behandle scrubber væsken er ikke relevant for forbrændingsanlæg med semi-tør røggasrensning medens der vil kunne opnås en betydelig yderligere omkostningsbesparelse på anlæg med wet røggasrensning.

Ved indførsel af en saltseparationsproces til HALOSEP processen kan det antages, at værdien af saltprodukter balancerer de øgede investerings- og driftsomkostninger ved saltseparationsprocessen forudsat at saltprodukterne kan genanvendes, hvilket ikke er nærmere belyst i nærværende projekt.

Ud fra den tekniske, miljømæssige og økonomiske vurdering kan man konkludere, at dette projekt indikerer, at HALOSEP processen har et stort teknisk, miljømæssigt og økonomisk potentiale som behandlingsproces for røggasrensningsaffald og scrubber væske fra alle typer forbrændingsanlæg. Behandling af andre asker f. eks. fra kraft/varmeanlæg der benytter biobrændsler er fremtidige muligheder.

Perspektiver ved HALOSEP processen

Der er ikke udarbejdet nogen egentlig LCA analyse (Livs Cyklus Analyse) af HALOSEP processen. De største miljømæssige fordele ved HALOSEP behandlingen af RGA skønnes at være den store reduktion i mængden af behandlet RGA som skal bortskaffes til deponi sammenholdt med de forbedrede udvaskningsegenskaber for behandlet RGA sammenlignet med rå RGA. En LCA analyse

af processen eksklusive/inklusive salt separation bør gennemføres. LCA analysen bør inkludere de omkostnings- og miljøforbedringer som opnås på forbrændingsanlæg med våd røggasrensning. Recycling af tungmetaller (zink, cadmium) fra HMP produktet kan også bidrage til en forbedring af miljøprofilen for HALOSEP processen i en LCA analyse. Det er muligt at producere et natriumklorid produkt, et calciumklorid produkt og i visse tilfælde et kaliumklorid produkt ud fra det primære saltprodukt (ref. 1). Der er også mulighed for at producere et blandet natriumklorid/kaliumklorid produkt. Sammensætningen af RGA og de valgte HALOSEP procesbetingelser bestemmer hvilke saltprodukter der kan fremstilles. Cadmium, zink og bly kan ekstraheres i varierende grad med HALOSEP processen. Det er som nævnt ikke indenfor rammerne af dette projekt, vurderet hvorvidt salte eller ekstraherede metaller kan genanvendes.

Summary and conclusions

The HALOSEP process recovers chlorine in the form of salts from Incineration waste residuals such as Flue Gas treatment Waste (FGW) and HCl scrubber liquid (HCSL).

The origin of the chlorine in the FGW and the HCSL are coming from the Incineration waste itself.

The primary function of the HALOSEP process is to recover chlorine and obtain a reduced amount of FGW to be disposed to landfills. Secondary the HALOSEP process can be used to obtain a treated FGW that has improved leaching properties for disposing the treated FGW on landfills. The treated FGW complies with the leaching limit criteria for heavy metals for non-hazardous waste (land filled in the same cells as stable, non-reactive hazardous waste). For semi dry FGW in test 3 only the chloride data is above the acceptance criteria for deposition of the semi dry X-FGW as "Non Hazardous waste". This can easily be optimized by selecting a higher L:S washing ratio. The results from the leaching of X-FGW from wet FGW clearly show that the chloride criteria can easily be met.

The HALOSEP pilot plant has been built into two containers in order to have a mobile plant. The plant has been constructed in such a way that there are minimum connections between the two containers. The pilot plant requires hydrochloric acid, electricity and water.

In this project FGW from two large Danish Incineration plants AF Incineration plant (Amagerforbrænding) and VF Incineration plant (Vestforbrænding) have been tested in the HALOSEP pilot plant.

The tests were performed in the period from October 2005 to July 2006. The results from the tests have shown that more than 99% of the chlorine can be recovered by the HALOSEP process.

The amount of FGW to be disposed (x-FGW) can be reduced to about 26% of the raw FGW input for semi dry FGW and about 51% for wet FGW on a dry substance basis.

The main product from the HALOSEP process is the salt product. The amount of salt product coming from the HALOSEP treatment of semi dry FGW is about 450-700 kg and the amount of salt product coming from HALOSEP treatment of wet FGW is about 290-330 kg dependent on process parameters. The salt product typically has the form of salt brine with a salt content of about 20% (w/w). It is free from dioxins and furans and it is also free from heavy metals (i.e. below detection limits).

It is possible to produce a Sodium chloride rich product, a Calcium chloride rich product and in some cases also a Potassium chloride rich product can be produced from the raw salt product.

Cadmium, Zinc and Lead can be extracted in various amounts in the HALOSEP process. The heavy metal product (HMP) amount from the HALOSEP process is 1-5% (w/w) of the incoming FGW. The Zinc content in the HMP has been measured up to about 18% (w/w). The possibility of recycling the Zinc in the heavy metal product should be further investigated.

No LCA analysis has been made. The main environmental benefits of HALOSEP treatment are the overall reduction of residues to be disposed at landfills (over sizes, x-FGW and heavy metal product) and the improved leaching properties of the x-FGW compared to the leaching properties of raw FGW (ref 2).

The possibility of recycling the heavy metal product for zinc recovery may also improve the environmental profile of the HALOSEP treatment.

For a 20.000 ton/yr. HALOSEP treatment plant it can be calculated that costs for disposing X-FGW, the heavy metal product and over sizes are less than costs for disposing raw FGW "as is". Today water is added to the FGW before it can be disposed at a landfill.

When accounting for the current 25% (w/w) extra water addition to the “raw FGW” then the cost reduction for “FGW disposal” using a 20 kton/yr. HALOSEP treatment plant compared to FGW disposal “as is” (incl. water addition) can be calculated to about 54 % (incl. water addition) for semi dry FGW and about 31 % (incl. water addition).

From the technical, environmental and economical estimates it can be concluded that the HALOSEP process has technical, environmental and economic potential as a treatment process for FGW and HCSL from Incineration plants.

1 Indledning

Denne rapport beskriver de undersøgelser og tests med behandling af røggasrensningsaffald som blev udført med det opbyggede HALOSEP pilotanlæg i løbet af testperioden 2005- 2006.

HALOSEP pilotanlægget blev opbygget hos RGS90 Watech og indbygget i to 20 fods containere. Miljøgodkendelse til gennemførsel af forsøgene blev bevilget af Miljøkontrollen i Københavns Kommune. Forsøgene var planlagt udført på en plads på Vindmøllevej ved Københavns havn, der lå tæt på Amagerforbrænding og hvor RGS90 i øvrigt havde udskibningsplads for røggasrensningsaffald til deponering hos Noah på Langøya.

Pilotanlægget blev flyttet fra RGS90 Watech til Vindmøllevej hvor forsøgene herefter blev gennemført. RGA blev transporteret fra begge forbrændingsanlæg (Amagerforbrænding og Vestforbrænding) i specielle containere, som Vestforbrænding stillede til rådighed for projektet. Affaldssaltsyre i form af scrubber væske fra HCl-scrubberen på Vestforbrænding blev transporteret i palletanke til pilotanlægget og anvendt ved forsøgene. Teknisk saltsyre fra Norsk Hydro blev anvendt som ny saltsyre kilde ved forsøgene.

2 Formål med projektet

Det primære formål med dette projekt er at dokumentere at HALOSEP processen kan anvendes til ekstraktion af klor fra halogenholdigt affald i form af en ren koncentreret saltopløsning. Endvidere skal det vises, at HALOSEP processen kan anvendes til behandling af RGA fra forbrændingsanlæg med både semi-tør eller våd røggasrensning. Samtidig at få vist, at affaldssaltsyre i form af HCl scrubber væske fra forbrændingsanlæg kan anvendes som (eneste) saltsyrekilde i processen.

Et vigtigt sekundært formål med projektet er at vise at man med HALOSEP processen opnår et behandlet RGA som er mere "stabilt" (stabilt mht. udvaskning af f.eks. tungmetaller). Målet er, at det behandlede RGA kan klassificeres som "Non Hazardous Waste" (Commission Decision 2000/532) samt overholde acceptkriterierne for Non-Hazardous Waste deponeringsanlæg. Accept kriterier med reference til de testmetoder der er beskrevet i Council Decision 2003/33 (Bilag B).

Herudover var det formålet med projektet at få karakteriseret det behandlede RGA, saltproduktet og tungmetalproduktet samt vurdere disses genanvendelses potentiale.

Endelig skulle massebalancer for tørstof, klor og udvalgte tungmetaller vurderes. Der skulle analyseres for dioxiner og furaner på udvalgte strømme i processen.

Det var forventet at et resultat af projektet blev at opnå en forståelse af hvorledes HALOSEP behandling af såvel semi-tørt RGA og wet-RGA skulle udføres. Også tekniske, driftsmæssige og økonomiske data for opskalering af processen til et fuld skala anlæg forventedes at blive et resultat af projektet.

opsamles i filterkagerne. Saltvandet fra denne anden filtrering er saltproduktet og filterkagerne fra filterpressen er tungmetalproduktet.

På figur 2 kan man se ind i container 1 med slurrytank og rotorsigte til venstre i forgrunden. Til højre ses skylletanken for RGA tørstof fra den første separation i centrifugen.



Figur 2: Et kik ind i container nr. 1. Slurry tanken ses til venstre forrest.

På figur 3 ser man ind i begge containere med centrifugen installeret i container 2.



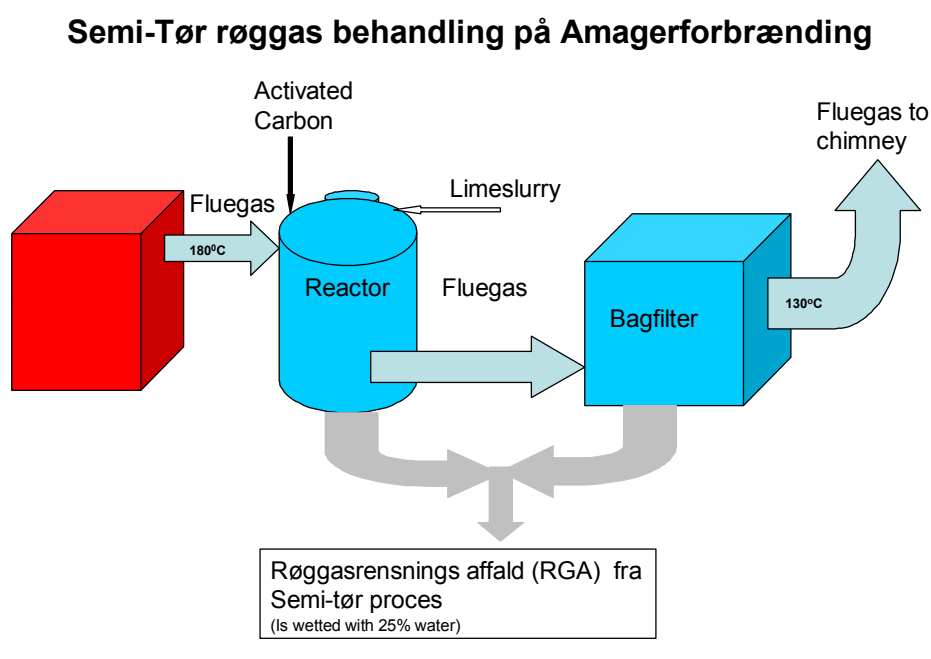
Figur 3: Et kik ind i begge containerne. Til højre ses centrifugen monteret i container 2. Til venstre ses transportøren for RGA fra centrifugen til skylletanken.

4 Forbrændingsanlæggene

To af de største forbrændingsanlæg i Danmark deltog i dette projekt med RGA behandling med HALOSEP processen. Forbrændingsanlæggene som deltog var Amagerforbrænding og Vestforbrænding.

4.1 Røggasrensningen på Amagerforbrænding

Røggasrensningsprocessen på Amagerforbrænding er vist på figur 4. Røggasrensningsaffaldet fra denne proces er semi-tørt røggasrensningsaffald (RGA)



Figur 4: Semi-tør røggasrensningsproces på Amagerforbrænding

Som vist på figur 4 skal det bemærkes, at der tilsættes ca. 25% vand til røggasrensningsaffaldet fra Amagerforbrænding dvs. at mængden af RGA til slutdisponering øges med ca. 20-25 % (w/w) ved vandtilsætning. Herudover tilsættes der aktivt kul som dioxin absorbent. I bilag B ses data for sammensætningen af RGA fra Amagerforbrænding for perioden 1996 – 2003.

4.2 Prøveudtagning på Amagerforbrænding

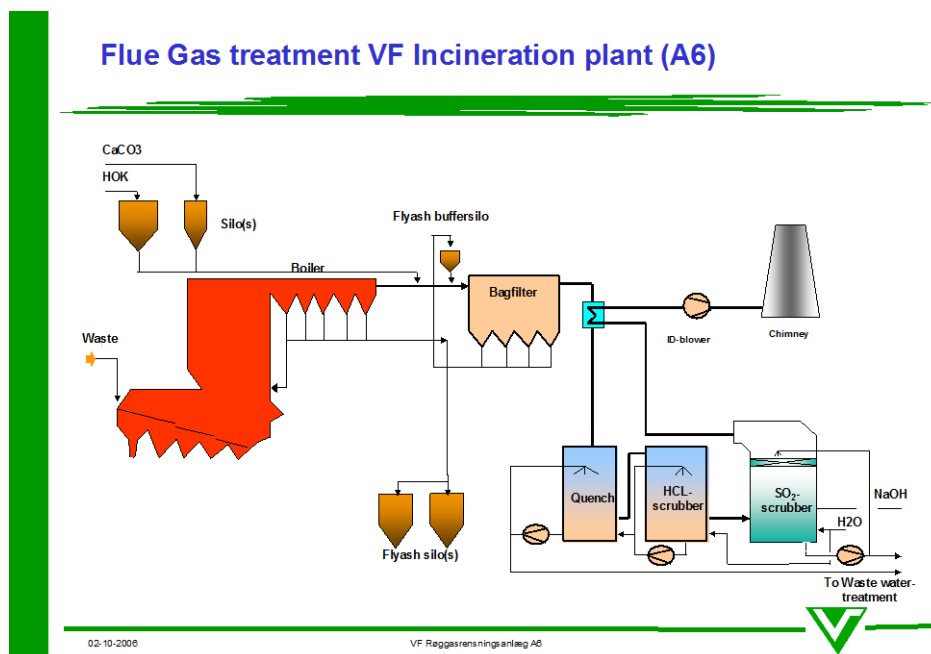
På Amagerforbrænding var der kun et udtagningssted hvor prøver af semi-tørt RGA kunne udtages. Dette prøveudtagningssted er placeret i "affaldsprodukt bygningen" på Amagerforbrænding. På figur 5 ses et billede fra prøve udtagningsstedet i affaldsbygningen.



Figur 5: Prøveudtagningssted for semi-tørt røggasrensningssaffald (RGA) ved Amagerforbrænding

4.3 Røggasrensningen på Vestforbrænding

Røggasrensingsprocessen på Vestforbrænding (VF) er en såkaldt våd proces, som er vist på figur 6. Røggasrensingsaffaldet fra denne røggasrensingsproces kaldes i dette projekt Wet-RGA. Det skal i øvrigt bemærkes, at man hos VF tilsætter Hoch Ofen Koks (HOK) som dioxin absorbent.



Figur 6: Våd røggasrensningssproces på Vestforbrænding (HOK er “Hoch Ofen Koks”, en dioxin absorbent)

Røggasrensningsaffaldet fra VF blev udtaget ved flyveaskesiloerne. Dette betyder, at I projektet er RGA fra VF altså en blanding af flyveaske fra ovnene 1-4 og ovn 6. På VF bliver "HCl scrubber væske" fældet med hydratkalk i et rensningsanlæg for spildevand. Herved dannes et tungmetaltholdigt vandigt kalkslam med ca. 4-5% tørstofindhold. Dette tungmetaltholdige kalkslam blandes normalt sammen med flyveasken på VF. Der findes derfor i princippet tre typer Wet-RGA på Vestforbrænding:

1. Wet FGW som et tørt produkt fra flyveaske siloerne
2. Wet FGW som en blanding af flyveaske og tungmetaltholdigt kalkslam
3. Wet FGW som et vådt kalkslam

Der blev som udgangspunkt kun anvendt type 1 RGA i dette projekt. Herudover blev der anvendt "HCl scrubber væske" eller blot scrubber væske som saltsyrekilde i samtlige HALOSEP tests. Dette betyder, at de samme stoffer som findes i flyveaske og i scrubbevæske behandles i HALOSEP processen.

4.4 Prøveudtagning på Vestforbrænding

På Vestforbrænding er to prøveudtagningssteder til udtagning af flyveaske eller tørt RGA. Det første prøveudtagningssted er vist på figur 7 og anvendes til udtagning af prøver fra ovnene 1-4 samt ovn 6. Det betyder, at RGA fra dette prøveudtagningssted er en blanding af flyveaske (tørt RGA) fra disse fem ovne.



Figur 7: Prøveudtagningssted for flyveaske (tørt RGA) fra ovne nr. 1- 4 og ovn nr. 6

Det andet prøveudtagningssted er vist på figur 8 og anvendes til udtagning af flyveaske (tørt RGA) prøver fra ovn nr. 5.



Figur 8: Prøveudtagningssted for flyveaske (tørt RGA) fra ovn nr. 5 på VF

På figur 9 ses de sorte transportbeholdere hvor flyveasken (RGA) fra VF blev fyldt i og herefter transporteret til Vindmøllevej. Beholderen er inkl. stativ, gear og transportør for indfødnig i slurry tanken på HALOSEP pilotanlægget.



Figur 9: Beholder med stativ, transportør og motor til indføding af tørt RGA fra VF direkte i slurrtanken på HALOSEP pilotanlægget

Fire af disse transportbeholdere/containere blev anvendt ved udtagning og opsamling af RGA prøver både hos AF og hos VF. RGA prøverne blev herefter transporteret til HALOSEP pilotanlægget, hvor prøverne blev behandlet i henhold til forsøgsprogrammet.

4.5 Scrubber væske (HCl affald) fra Vestforbrænding

Scrubber væske blev udtaget fra "HCl-scrubberen" på Vestforbrænding (se figur 6). Scrubber væsken blev anvendt i HALOSEP pilotanlægget som affalds HCl eller brugt HCl kilde. Det var forventet, at indholdet af HCl i scrubbevæsken var omkring 5%. Typiske data for sammensætningen af HCl scrubbevæske og "Kalkslam" fra VF er vist i nedenstående tabel 1.

De modtagne data er fra VF (1992) og idag er koncentrationerne af tungmetaller typisk 2-5 gange højere pga. det mindre vandforbrug.

Parameter	Scrubber væske (□g/L)	Kalkslam (mg/kg TS)
HCl approx.	50.000.000	-
Hg*	2.880	700
Cd*	783	90
Pb*	36.750	520
Cr*	372	-
Cu*	2.360	510
Ni*	98	<95
Zn*	87.400	6.800
Sn*	3.125	-
Co*	10	-
Ag*	166	-

Tabel 1: Scrubber væske (HCl) og kalkslam sammensætning (2-5 x højere i dag)*

På figur 10 ses prøveudtagningsstedet for HCl scrubber væske på VF. Der blev udtaget prøver på ca. 1 m³ som blev mærket BS1 – BS2 – BS3 osv. Denne mærkning blev foretaget da prøverne i henhold til instruks fra VF måtte udtages på forskellige datoer og dermed forskellige HCl koncentrationer.



Figur 10: "Quench HCl scrubber tank" (grøn tank i baggrunden) prøveudtagningssted på VF for HCl scrubber væske og i forgrunden ses en 1 m³ palletank til HALOSEP forsøgene.

5 Analyser af materialer/produkter

Det blev aftalt med styregruppen, at der skulle analyseres dels på rå røggasrensningsaffald dels på produkterne fra HALOSEP processen dvs. saltprodukt, behandlet x-RGA og tungmetalprodukt. Endvidere skulle der på udvalgte prøver af produkterne fra HALOSEP processen analyseres for dioxiner og furaner.

Med baggrund i de kemiske analyser skulle der udarbejdes massebalancer for tørstof, Klorid, Calcium, Natrium, Kalium, Aluminium, Sulfat samt en række udvalgte tungmetaller (Bly, Zink, Kobber, Krom, Cadmium, Kviksølv og Arsen). Samtlige analyseresultater er angivet som simpelt gennemsnit hvor intet andet er anført.

5.1 Analyser af indgående røggasrensningsaffald

Udtagningen af RGA prøver til forsøg blev planlagt sammen med de to forbrændingsanlæg. Mængden af RGA der blev udtaget til hvert forsøg var 200-400 kg (højest med type 1 wet-RGA fra VF). Begge forbrændingsanlæg skulle før prøvetagning gøre opmærksom på, hvis der var sket særlige begivenheder på forbrændingsanlægget der skulle bemærkes i forbindelse med behandling af prøverne.

<i>Tørstof</i> <i>Vandindhold</i> <i>Tørstof (550 C)</i> <i>Alkalinitet</i> <i>Klor (Cl)</i> <i>Silicium (Si)</i> <i>Aluminium (Al)</i> <i>Calcium (Ca)</i> <i>Magnesium (Mg)</i> <i>Natrium (Na)</i>
--

<i>Kalium (K)</i> <i>Sulfat (SO₄)</i> <i>Bly (Pb)</i> <i>Zink (Zn)</i> <i>Kobber (Cu)</i> <i>Krom (Cr)</i> <i>Cadmium (Cd)</i> <i>Kviksølv (Hg)</i> <i>Arsen (As)</i> <i>pH i en slurry</i>

Tabel 2: Planlagte analyseparametre rå RGA

Herudover blev der analyseret for dioxiner- og furaner i udvalgte rå RGA prøver fra både AF og VF. Hver af de blå RGS90 containere blev vejlet inden RGA prøverne blev indført i HALOSEP pilotanlægget.

5.2 Analyser af Salt produkt

Salt produktet før fældning og efter fældning blev analyseret for de i tabel 3 viste parametre:

<i>Mængde</i> <i>Klor (Cl)</i> <i>Aluminium (Al)</i> <i>Calcium (Ca)</i> <i>Magnesium (Mg)</i> <i>Natrium (Na)</i> <i>Kalium (K)</i> <i>Sulfate (SO₄)</i>

<i>Bly (Pb)</i> <i>Zink (Zn)</i> <i>Kobber (Cu)</i> <i>Krom (Cr)</i> <i>Cadmium (Cd)</i> <i>Kviksølv (Hg)</i> <i>Arsen (As)</i>

Tabel 3: Planlagte analyseparametre saltprodukt før og efter fældning

Endvidere blev der analyseret for dioxiner- og furaner i udvalgte salt produkt prøver fra både AF og VF. Muligheden for yderligere separation af saltproduktet ved inddampning og krystallisation i et Na-produkt, et K-produkt og et Ca-produkt vil blive evalueret hvis det er muligt.

5.3 Analyser af behandlet Røggasrensningsaffald (X-RGA)

Behandlet røggasrensningsaffald (X-RGA) blev analyseret for parametrene vist i tabel 4:

Mængde Tørstof Vandindhold Tørstof (550 C) Alkalinitet Klor (Cl) Aluminium (Al) Calcium (Ca) Magnesium (Mg) Natrium (Na) Kalium (K)	Sulfate (SO ₄) Bly (Pb) Zink (Zn) Kobber (Cu) Krom (Cr) Cadmium (Cd) Kviksølv (Hg) Arsen (As)
---	--

Tabel 4: Planlagte analyseparametre for behandlet røggasrensningsaffald (X-RGA)

Endvidere blev der analyseret for dioxiner- og furaner i udvalgte behandlede RGA prøver (X-RGA) fra både AF og VF.

5.3.1 Udvaskningstest på behandlet RGA

Der blev planlagt udført udvaskningstest på samtlige X-RGA prøver. Udvaskningstesten skulle udføres i henhold til EU Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg Council Decision 2003/33 (Bilag B) vedrørende acceptkriterier for reststoffer til deponering. Ved udvaskningstesten (L:S = 10) blev analyseret for de i tabel 5 viste parametre:

pH Klor (Cl) Sulfate (SO ₄) Aluminium (Al) Calcium (Ca) Magnesium (Mg) Natrium (Na) Kalium (K) Bly (Pb)	Zink (Zn) Kobber (Cu) Krom (Cr) Cadmium (Cd) Kviksølv (Hg) Arsen (As)
---	--

Tabel 5 Planlagte analyseparametre for væskefase fra udvaskningstesten

Endvidere vil TOC indholdet i X-RGA blive vurderet.

5.4 Analyser af tungmetalprodukt (filterkager)

Filterkagerne fra tungmetal separationen var planlagt analyseret for de i tabel 6 viste parametre:

Mængde Tørstof Vandindhold Klor (Cl) Aluminium (Al) Calcium (Ca) Magnesium (Mg) Natrium (Na)	Kalium (K) Sulfat (SO ₄) Bly (Pb) Zink (Zn) Kobber (Cu) Krom (Cr) Kviksølv (Hg) Arsen (As)
---	---

Tabel 6: Planlagte analyseparametre for filterkager/ tungmetalprodukt (HMP)

Endvidere blev der analyseret for dioxiner- og furaner i udvalgte filterkage prøver (HMP produkt).

6 HALOSEP pilotanlæg tests

Før de egentlige forsøg blev gennemført blev der kørt nogle 100 kg RGA prøver igennem HALOSEP pilotanlægget som en funktionstest. Herefter blev anlægget rensat.

Ligeledes blev der udviklet en model (regneark) for HALOSEP processen. Modellen blev indledningsvis anvendt til at beregne klor recovery, saltkoncentrationer i saltprodukt, X-RGA renhed ved et sæt givne driftsparametre som f.eks. L:S i ekstraktionstrin og L:S i skylletrin, scrubber væske (saltsyretilsætning), returvandsmængde med videre.

Modellen er blevet justeret således, at man som udgangspunkt indfører den mængde alkalinitet (i %) man ønsker fjernet fra RGA i HALOSEP processen. Herefter beregnes den aktuelle dosering af HCl scrubber væske og evt. anden saltsyre. Saltkoncentrationen i saltproduktet, klor genvindingen og sammensætningen af X-RGA ved et givet sæt de L:S forhold beregnes herefter og endelig beregnes vandbalancen.

6.1 Overblik over HALOSEP tests

Der blev planlagt gennemført tre forsøg med semi-tørt RGA fra AF samt tre forsøg med wet-RGA fra VF. I tabellerne 7 og 8 er de anvendte input parametre til HALOSEP processen opsummeret. I tabel 8 er affalds HCL lig med scrubber væske.

RGA type	Alkalinitet reduktion %	Forventet Cl% i RGA	L:S forhold ekstraktion	L:S forhold Skylletrin
Semi-tørt 1 (AF)	50	14	2,5	2,0
Semi-tørt 2 (AF)	68	14	2,5	1,5
Semi-tørt 3 (AF)	75	14	3,0	2,0
Wet 1 (VF)	66	7	2,5	4,8
Wet 2 (VF)	88	7	2,5	5,1
Wet 3 (VF)	92	7	3,0	5,2

Tabel 7: Input parametre for de planlagte HALOSEP® pilot tests.

RGA type	Alkalinitet reduktion %	Forventet Cl % i RGA	Affalds HCl L/100kg RGA	Ny HCl Mængde i L
Semi tørt 1 (AF)	50	14	160	0
Semi-tørt 2 (AF)	68	14	252	15
Semi tørt 3 (AF)	75	14	323	22
Wet 1 (VF)	66	7	124	0
Wet 2 (VF)	88	7	164	0
Wet 3 (VF)	92	7	84	9

Tabel 8: Input parametre for HCl-kilder for de planlagte HALOSEP pilot plant tests.

Fældningskemikaliet for tungmetaller samt pH har været varieret i de forskellige tests. I tabel 9 ses de anvendte fældningskemikalier samt pH (setpunkt) sammen med det forventede klorindhold i det behandlede RGA.

RGA type	Alkalinitet reduktion %	Fældnings- kemikalie	PH (setpunkt)	Forventet Cl% i X-RGA
Semi tørt 1 (AF)	50	HCl	10,3	1,10
Semi tørt 2 (AF)	68	Ca(OH) ₂	7,0	1,20
Semi tørt 3 (AF)	75	NaOH	4,5	0,70
Wet 1 (VF)	66	NaOH	8,0	0,30
Wet 2 (VF)	88	NaOH	7,0	0,25
Wet 3 (VF)	92	NaOH	4,5	0,20

Tabel 9: Øvrige input værdier i forbindelse med HALOSEP pilot plant tests.

Bemærk, at i testen med semi tørt RGA og 50% alkalinitetsreduktion er det saltsyre der anvendes som fældningskemikalie.

Selve HALOSEP® procestesten blev gennemført ved at indføde to til fire prøver af RGA på hver 100 kg umiddelbart efter hinanden. Basemængden (eller syremængden) til fældning blev bestemt. Tungmetallerne blev fældet og den sekundære fældning blev gennemført når det var nødvendigt. De tre produktstrømme fra hver HALOSEP test var

- Et salt produkt (benævnt SP før/efter fældning)
- En filter kage (inkl. tungmetaller benævnt HMP)
- Et behandlet RGA (benævnt X-RGA)

De tre produktstrømme blev analyseret som beskrevet i afsnit 5 med henblik på at få udarbejdet massebalancer for udvalgte stoffer.

6.2 Karakterisering af semitørt RGA fra AF

Resultaterne fra karakteriseringen af de tre semi tørre RGA prøver fra AF, der blev anvendt ved HALOSEP pilotanlægstesten er vist i tabellerne 10 og 11.

RGA type	Alkalinitet g/kg	Cl i RGA g/kg	TS (%)	GT (%)
Semi tørt 1 (AF)	438	119	98,25	1,72
Semi tørt 2 (AF)	477	171	98,77	1,97
Semi tørt 3 (AF)	651	104	99,24	4,78

Tabel 10: Karakterisering af RGA fra AF. "GT" er "Glødetab" ved 550 C.

I tabel 11 ses resultaterne fra de kemiske analyser for semi tørt RGA fra AF.

Parameter	Enhed	Semi tørt 1 (AF)	Semi tørt 2 (AF)	Semi tørt 3 (AF)
Alkalinitet	mg/Kg	438.000	477.000	651.000
TS(Tørstof)	%	98,25	98,77	99,24
GT (glødetab 550 C)	%	1,72	1,97	4,78
Klor (Cl)	mg/kg TS	119.000	171.000	104.000
Silicium (Si)	mg/kg TS	NA	NA	NA
Aluminium (Al)	mg/kg TS	11.000	12.000	7.600
Calcium (Ca)	mg/kg TS	260.000	260.000	290.000
Magnesium (Mg)	mg/kg TS	7.000	6.000	5.000
Natrium (Na)	mg/kg TS	29.000	24.000	14.000
Kalium (K)	mg/kg TS	34.000	30.000	17.000
Sulfat (SO ₄)	mg/kg TS	103.000	187.000	135.000
Bly (Pb)	mg/kg TS	3.300	2.700	3.000
Zink (Zn)	mg/kg TS	10.000	11.000	8.700
Kobber (Cu)	mg/kg TS	640	590	420
Krom (Cr)	mg/kg TS	73	80	41
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	130	130	85
Kviksølv (Hg)	mg/kg TS	12	14	7
Arsen (As)	mg/kg TS	54	61	97
Dioxiner & Furaner	I-TEQ (ng/kg TS)	-	-	810

Tabel 11: Kemisk sammensætning af semi tørt RGA fra AF. (I-TEQ i ng/kg TS)

6.3 Karakterisering af wet RGA fra VF

I tabel 12 ses kemiske analyser for de tre wet RGA prøver fra VF, som blev anvendt i HALOSEP pilotanlægstesten.

Parameter	Enhed	Wet 1 (VF)	Wet 2 (VF)	Wet 3 (VF)
Alkalinitet	mg/Kg	181.000	181.000	181.000
TS(Tørstof)	%	98,76	98,95	99,31
GT (glødetab 550 C)	%	1,7	1,1	0,99
Klor (Cl)	mg/kg TS	54.720	45.310	50.020
Silicium (Si)	mg/kg TS	NA	NA	NA
Aluminium (Al)	mg/kg TS	32.000	34.000	34.000
Calcium (Ca)	mg/kg TS	170.000	160.000	160.000
Magnesium (Mg)	mg/kg TS	7.000	6.000	5.000
Natrium (Na)	mg/kg TS	30.000	24.000	17.000
Kalium (K)	mg/kg TS	32.000	23.000	17.000
Sulfat (SO ₄)	mg/kg TS	146.880	140.920	137.790
Bly (Pb)	mg/kg TS	4.000	3.100	2.800
Zink (Zn)	mg/kg TS	21.000	17.000	14.000
Kobber (Cu)	mg/kg TS	1.400	2.000	2.500
Krom (Cr)	mg/kg TS	160	150	140
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	160	110	74
Kviksølv (Hg)	mg/kg TS	0,95	0,39	0,2
Arsen (As)	mg/kg TS	200	170	160
Dioxiner & Furaner	I-TEQ (ng/kg TS)	-	-	56

Tabel 12: Kemisk sammensætning af wet RGA fra VF. (I-TEQ i ng/kg TS)

6.4 Karakterisering af affalds HCl (scrubber væske) fra VF

Der blev ialt udtaget seks ca. 1000 L prøver fra scrubber liquid tanken på VF, som er vist på figur 10. Koncentrationen af klorbrinte (HCl) i prøverne er vist i tabel 13.

Scrubber liquid Batch nr.	HCl koncentration i Mol/L	HCl koncentration i g/L
BS 1	3,03	110,0
BS 2	2,11	77,0
BS 3	1,95	71,0
BS 4	2,92	107,0
BS 5	2,06	75,0
BS 6	2,98	109,0
Middelværdi	2,51	91,0

Tabel 13: HCl indhold i de udtagne scrubber væske prøver.

Fra tabel 13 kan det ses, at saltsyre koncentrationen i middel var ca. 9% i scrubber væske prøverne, altså noget højere end forventet. Scrubber væske prøverne BS1, BS2 og BS3 blev også analyseret for tungmetallerne Kviksølv (Hg), Kobber (Cu), Cadmium (Cd) og Arsen (As). Koncentrationerne af disse udvalgte metaller i scrubber væske prøverne er vist i tabel 14.

Scrubber Liquid Batch nr.	HCl (g/L)	Hg (mg/L)	Cu (mg/L)	Cd (mg/L)	As (mg/L)
BS 1	110,0	13,0	18,0	4,7	0,91
BS 2	77,0	8,3	8,1	2,4	0,80
BS 3	71,0	8,0	8,1	2,5	1,50

Tabel 14: Input tungmetal koncentrationer i Scrubber væske prøver.

Fra tabel 14 bemærkes, at der især kan tilføres betydelige kviksølv mængder til den RGA der skal behandles sammen med denne type affalds HCl strøm.

6.5 Karakterisering af produkter fra HALOSEP tests

De produktstrømme der fremkommer ved hver HALOSEP test, som beskrevet i afsnit 6.1, udgør følgende seks strømme:

1. Groft materiale > 1 mm fra sigten
2. Salt produkt før fældning
3. Salt produkt efter fældning
4. X-RGA (behandlet RGA)
5. Tungmetal produkt
6. Retur vand

6.5.1 Karakterisering af groft materiale

Mængden af groft materiale (overstørrelser) er målt ved hver HALOSEP test. Resultaterne er vist i tabel 15. Der er ikke gennemført kemiske analyser på denne fraktion.

Basis er pr 100 kg RGA Input	Test nr. Semi tørt 1	Test nr. Semi tørt 2	Test nr. Semi tørt 3	Test nr. Wet 1	Test nr. Wet 2	Test nr. Wet 3
Kg groft materiale	1,15	0,1	0,15	1,84	0,92	1,60

Tabel 15: Mængde af groft materiale fra sigten i kg pr 100 kg RGA input materiale

6.5.2 Karakterisering af saltprodukt (før/efter fældning)

Mængden af salt produkt før og efter metalfældning er målt ved hver HALOSEP test. Resultaterne er vist i tabel 16. Der er samtidig foretaget en kemisk analyse af saltproduktet før og efter metalfældning. Resultaterne herfra er vist i tabel 17 og 18.

Fra tabel 16 kan det ses, at der er et mindre saltprodukt tab på 5-10% i samtlige tests med semi tørt RGA fra AF. Saltmængden fra semi tørt RGA er derfor en smule underestimeret.

Basis er pr 100 kg RGA Input	Test nr. Semi tørt 1	Test nr. Semi tørt 2	Test nr. Semi tørt 3	Test nr. Wet 1	Test nr. Wet 2	Test nr. Wet 3
L salt prod. Før fældning	239	270	372	212	239	275
L salt prod. Efter fældning	199	258	330	212	239	269
Kg salt produkt(*1)	45,0	66,7	71,3	29,4	33,3	33,4

Tabel 16: Salt produkt (i Liter) pr 100 kg RGA input materiale.

(*1) Salt produkt mængden er beregnet som summen af salte salt produkt efter fældning og salte i retur vand.

Basis salt prod. TS in % Andre i mg/L	Salt prod. Semi tørt 1 Før fæld	Salt prod. Semi tørt 2 Før fæld	Salt prod. Semi tørt 3 Før fæld	Salt prod. Wet 1 Før fæld	Salt prod. Wet 2 Før fæld	Salt prod. Wet 3 Før fæld
TS(tørstof)	-	-	-	-	-	-
Klor (Cl)	117.200	133.400	121.500	69.200	70.000	63.000
Silicium (Si)	-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Calcium (Ca)	55.000	58.000	58.000	23.000	21.000	17.000
Magnesium (Mg)	30	800	700	360	1.200	560
Natrium (Na)	11.000	11.000	9.000	9.500	11.000	10.000
Kalium (K)	12.000	12.000	7.000	8.400	9.300	7.000
Sulfat (SO4)	48	48	166	770	777	779
Bly (Pb)	2,9	4,2	2,6	0,52	0,34	0,2
Zink (Zn)	< 0,2	1,8	0,82	0,21	0,1	0,022
Kobber (Cu)	0,12	0,48	13	0,017	0,12	< 0,01
Krom (Cr)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,01	< 0,01	< 0,01
Cadmium (Cd)	6,5	34	24	2,2	6,3	4,5
Kviksølv (Hg)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,005	0,0017	< 0,003
Arsen (As)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dioxin- & Furaner (I-TEQ) ng/kg	-	-	-	-	-	-

Tabel 17: Kemisk analyse af salt produkt før fældning

Fra tabel 17 og tabel 18 ses, at fældningen af tungmetaller er selektiv og meget effektiv. Efter fældning er tungmetalindholdene i saltproduktet meget lave.

Basis salt prod. TS i % Andre i mg/L	Salt prod. Semi tørt 1 Efter fæld	Salt prod. Semi tørt 2 Efter fæld	Salt prod. Semi tørt 3 Efter fæld	Salt prod. Wet 1 Efter fæld	Salt prod. Wet 2 Efter fæld	Salt prod. Wet 3 Efter fæld
TS %	21,1	22,4	20,8	11,5	11,9	10,4
Klor (Cl)	117.200	133.400	121.500	69.200	70.000	63.000
Silicium (Si)	-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Calcium (Ca)	50.000	57.000	57.000	23.000	19.000	17.000
Magnesium (Mg)	60	1.000	800	230	1.000	390
Natrium (Na)	10.000	12.000	10.000	9.800	10.000	10.000
Kalium (K)	11.000	12.000	8.000	8.100	8.600	6.900
Sulfat (SO ₄)	48	110	166	770	< 0,02	780
Bly (Pb)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,025	< 0,02	< 0,02
Zink (Zn)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,02	< 0,01	< 0,02
Kobber (Cu)	< 0,1	< 0,1	0,68	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Krom (Cr)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cadmium (Cd)	< 0,1	< 0,1	0,3	0,02	< 0,002	0,1
Kviksølv (Hg)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,004	0,00085	<0,003
Arsen (As)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dioxin- & Furaner (I-TEQ) ng/kg	-	-	0,0013 - 0,0049	-	-	0,00023 - 0,0046

Tabel 18: Kemisk analyse af salt produkt efter fældning. Dioxiner og Furaner (I-TEQ er angivet i ng/kg)

Sammensætningen af salt produktet er beregnet ved hver HALOSEP test og resultaterne er vist i tabel 19.

Basis er pr 100 kg RGA Input	Test nr. Semi tørt 1 % (w/w)	Test nr. Semi tørt 2 % (w/w)	Test nr. Semi tørt 3 % (w/w)	Test nr. Wet 1 % (w/w)	Test nr. Wet 2 % (w/w)	Test nr. Wet 3 % (w/w)
CaCl ₂	76,2	73,9	78,5	61,7	56,5	59,4
NaCl	12,5	13,9	12,4	22,5	23,9	25,6
KCl	10,3	10,6	7,6	15,0	15,9	13,5
MgCl ₂	0,9	1,7	1,5	0,9	3,7	1,5

Tabel 19: Sammensætningen af salt produkt ved HALOSEP tests.

I en tidligere rapport (Ref.1) blev det vist, at det er muligt at producere op til tre saltprodukter ud fra saltblandinger fra HALOSEP behandlingen af RGA. Saltprodukterne der kan produceres er et natriumsalt produkt, et calciumsalt produkt og et kaliumsalt produkt. Det er også muligt at producere et calciumsalt produkt samt et blandet natrium/kaliumsalt produkt ud fra saltblandinger som vist i tabel 18.

Det blev f.eks. vist i rapporten (ref.1), at det var muligt at fremstille calciumklorid produkt (CaCl₂) fra semi tørt RGA med en renhed på mere end 92%. Kommercielle specifikationer for vejsalt (tabel 46) kunne opnås for dette calciumklorid produkt.

Det blev også vist i rapporten (Ref. 1) at ud fra saltproduktet fra Wet FGW kunne der fremstilles et kaliumklorid (KCl) produkt med en renhed på mere end 90%.

6.5.3 Karakterisering af behandlet RGA (x-RGA)

Den kemiske sammensætning af det behandlede RGA fra HALOSEP behandling af henholdsvis semi tørt og wet RGA er vist i tabel 20.

Basis X-RGA TS,GT i % Andre i mg/kg	X-RGA Semi tørt 1	X-RGA Semi tørt 2	X-RGA Semi tørt 3	X-RGA Wet 1	X-RGA Wet 2	X-RGA Wet 3
Alkalinitet	-	-	-	-	-	-
TS %	69,7	66,3	69,0	67,3	68,5	72,4
GT %	7,6	7,7	7,1	4,7	4,2	3,3
Klor (Cl)	32.000	52.000	23.000	8.650	8.240	4.970
Silicium (Si)	-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al)	31.000	28.000	30.000	40.000	44.000	47.000
Calcium (Ca)	180.000	130.000	150.000	150.000	160.000	160.000
Magnesium (Mg)	12.000	7.000	6.000	14.000	12.000	12.000
Natrium (Na)	7.000	8.000	6.000	8.500	7.800	8.000
Kalium (K)	5.000	9.000	7.000	7.800	8.200	8.100
Sulfat (SO ₄)	150.000	107.000	325.000	134.500	112.100	107.500
Bly (Pb)	4.200	5.500	3.300	4.300	4.500	3.800
Zink (Zn)	13.000	16.000	9.600	24.000	26.000	17.000
Kobber (Cu)	950	1.500	1.500	1.500	1.900	2.600
Krom (Cr)	150	290	410	220	230	210
Cadmium (Cd)	130	96	36	170	140	48
Kviksølv (Hg)	36	45	77	13	16	8,8
Arsen (As)	91	170	200	220	250	240
Dioxin- & Furaner (I-TEQ) ng/kg	-	-	1.600	-	-	59

Tabel 20: Kemisk sammensætning af X-RGA fra HALOSEP tests. (I-TEQ i ng/kg TS)

6.5.4 Karakterisering af tungmetal produktet

Den kemiske sammensætning af tungmetal produkterne fra HALOSEP behandling af henholdsvis semi tørt og wet RGA er vist i tabel 21.

Tungmetal produkt/100 kg Andre mg/kg	X-RGA Semi tørt 1	X-RGA Semi tørt 2	X-RGA Semi tørt 3	X-RGA Wet 1	X-RGA Wet 2	X-RGA Wet 3
mængde Kg	0,82	5,16	5,15	0,21	0,21	1,71
DS %	47,5	38,8	34,7	23,4	36,6	23,3
GT %	27	25	22	24	37	23
Klor (Cl)	84.000	233.000	249.000	261.500	144.300	252.800
Silicium (Si)	-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al)	19.000	4.800	1.900	3.700	2.100	940
Calcium (Ca)	200.000	130.000	130.000	100.000	66.000	67.000
Magnesium (Mg)	12.000	36.000	27.000	71.000	220.000	100.000
Natrium (Na)	17.000	24.000	22.000	32.000	18.000	37.000
Kalium (K)	19.000	25.000	16.000	30.000	16.000	25.000
Sulfat (SO ₄)	119.700	19.600	10.160	24.380	14.530	15.440
Bly (Pb)	11.000	22.000	33.000	29.000	8.700	5.100
Zink (Zn)	31.000	78.000	110.000	130.000	22.000	180.000
Kobber (Cu)	1.800	420	280	1.300	2.600	690
Krom (Cr)	200	89	55	190	78	19
Cadmium (Cd)	280	490	740	2.700	14.000	2.800
Kviksølv (Hg)	100	21	32	25	10	2,7
Arsen (As)	180	53	31	70	35	19
Dioxin- & Furaner (I-TEQ) ng/kg	-	-	12,9	-	-	0,14-1,9

Tabel 21: Mængde og kemisk sammensætning af tungmetalprodukt pr 100 kg RGA input materiale. (I-TEQ i ng/kg TS)

Det ses fra tabellerne 17, 18, 20 og 21 at især Cadmium, men også bly, zink og kobber kan i varierende grad ekstraheres i HALOSEP processen. En skylning af tungmetalproduktet for at reducere kloridindholdet heri skønnes nødvendigt.

Mængderne af fædningskemikalier der blev anvendt ved forsøgene var henholdsvis:

- HCl = 0,32 kg/100 kg semi tørt RGA
- Ca(OH)₂ = 0,82 kg/100 kg semi tørt RGA
- NaOH = 1,5 kg/100 kg for semi tørt RGA
- NaOH = 0,2-3,6 kg/100 kg for wet RGA

6.5.5 Karakterisering af returvand

Sammensætningen af retur vand (RV) er ligeledes analyseret for et antal parametre. Resultaterne herfra er vist i tabel 22.

Retur vand i mg/L	Retur vand Semi tørt 1	Retur vand Semi tørt 2	Retur vand Semi tørt 3	Retur vand Wet 1	Retur vand Wet 2	Retur vand Wet 3
TDS	95.600	96.300	67.900	30.400	32.800	26.000
Klor (Cl)	44.600	40.900	41.100	18.020	18.000	15.180
Kobber (Cu)	0,52	0,39	0,67	0,31	0,38	0,53
Cadmium (Cd)	0,06	5,9	10,0	0,3	1,4	0,54
Kviksølv (Hg)	<0,01	<0,01	0,04	0,02	0,00086	0,00036
Arsen (As)	0,02	0,02	0,05	0,06	0,04	0,049
pH	10,44	7,12	6,25	9,00	8,41	8,45

Tabel 22: Kemisk sammensætning af retur vand (RV). TDS er opløste salte (total dissolved solids)

Fra tabel 22 kan man se, at f.eks. cadmium og kviksølv kan optimeres ved f.eks. at ændre L:S forholdet i skylletrinnet eller pH i ekstraktionstrinnet for semi tørt RGA.

7 Udvaskningstest med behandlet RGA

Der er udført en udvaskningstest på alle X-RGA materialer. Udvaskningstesten er udført som en et trins batch test med et væske tørstof forhold på ti (L:S=10) for materialer med en partikelstørrelse mindre end 10 mm jf. EU's Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg 2003/33/EF (bilag B). Det bemærkes, at udvaskningstestene ikke omfatter test af alle de stoffer, der forudsættes i Rådsbeslutningen. Udvaskningstestene har således ikke omfattet Ba, Mo, Ni, Sb, Se, F og DOC (opløst organisk kulstof). Der er heller ikke udført de faststofanalyser, der forudsættes i rådsbeslutningen. Det bemærkes ligeledes, at den danske implementering af Rådsbeslutningen indebærer en skærpelse af visse udvaskningskriterier, specielt for ikke kystnært beliggende deponeringsanlæg. Af disse årsager er det ikke, på grundlag af de gennemførte analyser, muligt at vurdere, hvorvidt det HALOSEP behandlede røggasrensningsaffald overholder Rådsbeslutningens acceptkriterier for deponering på deponeringsanlæg for ikke farligt affald eller de kommende danske kriterier herfor.

Der er ikke udført TOC (Total Organisk Kulstof) analyser på X-RGA prøverne. I Bilag A ses TOC analyser på RGA fra AF dækkende perioden 1997 – 2003. Det ses i Bilag A, at TOC varierer mellem 0,3% og 0,65% (3.000 mg/kg og 6.500 mg/kg). TOC indholdet skyldes især tilsætningen af aktivt kul (figur 4) eller HOK (figur 6) på forbrændingsanlæggene for at absorbere dioxiner. Antages det, at TOC udelukkende opkoncentreres i behandlet røggasrensningsaffald X-RGA (som det er tilfældet med dioxiner og furaner, jvf. afsnit 9.3) kan man beregne, at TOC maksimalt koncentreres til mellem 1,2 % og 2,6 %. Disse værdier kan sammenlignes med, at grænseværdien for TOC for non-hazardous waste (deponeret i samme celler som stabilt ikke reaktivt affald) er 5 % (50.000 mg/kg).

Resultaterne fra de udvaskningstestene er vist i tabel 23. Disse kan sammenlignes med udvaskningskriterierne beskrevet i Rådsbeslutningen om acceptkriterier for deponering, jf. bilag B. I tabel 23 bemærkes det, at der er usikkerhed om resultatet for cadmium i kolonnen for udvaskningstest "X-RGA semi-tørt 2".

Udvasknings test L:S = 10 Basis mg/kg TS	X-RGA Semi tørt 1	X-RGA Semi tørt 2	X-RGA Semi tørt 3	X-RGA Wet 1	X-RGA Wet 2	X-RGA Wet 3
Klor (Cl)	27.000	55.200	26.100	10.640	8.730	4.700
Sulfat (SO ₄)	22.800	9.800	10.500	10.000	12.000	14.000
Aluminium (Al)	8,2	2,1	2,1	10	10	25
Calcium (Ca)	16.000	28.000	17.000	10.000	9.100	8.200
Magnesium (Mg)	490	490	590	280	230	160
Natrium (Na)	3.100	5.500	2.000	1.600	1.400	8.700
Kalium (K)	2.900	5.200	2.000	2.000	2.000	13.000
Bly (Pb)	0,009	0,47	0,13	0,05	0,07	0,06
Zink (Zn)	0,63	1,8	2,9	0,46	0,6	0,55
Kobber (Cu)	0,13	0,58	0,21	0,027	0,03	0,026
Krom (Cr)	2,9	0,12	0,18	0,55	0,31	0,48
Cadmium (Cd)	0,024	4,0	0,9	0,1	0,11	0,04
Kviksølv (Hg)	0,058	1,2	0,36	0,89	0,86	0,13
Arsen (As)	0,11	0,47	0,22	0,14	0,15	0,12
pH	8,98	7,46	7,45	8,95	8,62	8,82

Tabel 23: Resultater fra udvaskningstests af X-RGA prøver (i mg/kg TS).

I tabel 24 er udvalgte acceptkriterier for en batchudvaskning med et L:S=10 sammenholdt med resultaterne fra udvaskningstesten med X-RGA semi tørt (nr.3) og med X-RGA wet (nr.3).

Accept kriterier L:S = 10 Basis mg/kg TS	Farligt Affald (side 53)	Farligt Affald (NHW) (side 51)	Ikke Farligt Affald (side 50)	Inert Affald (side 48)	X-FGW Semi tørt 3	X-FGW Wet 3
Klor (Cl)	25.000	15.000	15.000	800	26.100	4.700
Sulfat (SO ₄)	50.000	20.000	20.000	6.000	10.500	14.000
Bly (Pb)	50,0	10,0	10,0	0,5	0,13	0,06
Zink (Zn)	200,0	50,0	50,0	4,0	2,9	0,55
Kobber (Cu)	100,0	50,0	50,0	2,0	0,21	0,026
Krom (Cr)	70,0	10,0	10,0	0,5	0,18	0,48
Cadmium (Cd)	5,0	1,0	1,0	0,04	0,9	0,04
Kviksølv (Hg)	2,0	0,2	0,2	0,01	0,36	0,13
Arsen (As)	25	2,0	2,0	0,5	0,22	0,12
pH	-	>6,0	>6,0	>6,0	7,45	8,82

Tabel 24: Udvalgte acceptkriterier for tungmetaller, klorid, sulfat og pH for deponering af affald i deponeringsanlæg sammenlignet med udvasknings resultaterne fra udvaskning af semitørt X-RGA (nr.3) og udvaskning af wet X- RGA (nr. 3) (data fra bilag B sider 48 - 53)

Det ses fra tabel 24, at det behandlede RGA fra test 3 overholder udvaskningskriterierne for deponering på deponeringsanlæg for "ikke farligt affald" (deponeret i samme celler som stabilt ikke reaktivt affald) for så vidt angår de tungmetaller, der har indgået i testen. Dette gælder dog ikke kviksølv fra semitørt RGA, hvor der ses en overskridelse af kriteriet. Det ses også fra tabel 24 for semitørt X-RGA (nr. 3), at det kun er kloriddata der er over grænseværdien for deponering af semitørt X-RGA som "ikke farligt affald". Overholdelse af grænseværdien for klorid kan nemt opnås med HALOSEP processen ved at vælge et højere L:S i skylletrinnet.

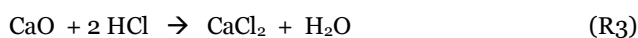
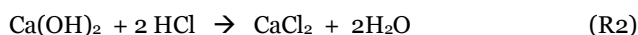
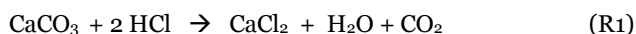
Denne viden er anvendt ved valg af HALOSEP input parametre, som vist i tabel 7. I HALOSEP testen med wet RGA er der netop valgt et højere L:S forhold i skylletrinnet. Resultatet heraf blev som ventet (se tabel 24), at kloridudvaskningen fra wet X-RGA (nr. 3) nemt kan overholde grænseværdien for klorid for deponering af wet X-RGA som "ikke farligt affald". Man ser af tabel 24, at udvaskningen fra wet X-RGA (nr. 3), med undtagelse af kviksølv, faktisk er tæt på grænseværdierne for inert affald.

Det skal understreges, at udvaskningstestene, som tidligere nævnt, ikke har omfattet en række af de stoffer der i Rådsbeslutningen er opstillet acceptkriterier for. Det er derfor ikke, på grundlag af de gennemførte analyser muligt at vurdere, hvorvidt det behandlede røggasrensningsaffald overholder Rådsbeslutningens kriterier for deponering på deponeringsanlæg for ikke farligt affald.

8 Massebalancer

8.1 Tørstof – og klorbalancer

I HALOSEP processen finder der en række kemiske reaktioner sted mellem RGA og den tilsatte klorbrinte. For eksempel kan følgende kemiske reaktioner foregå for følgende calcium forbindelser som typisk altid findes i både semitørt RGA og i Wet RGA:



I alle tre kemiske reaktioner dannes vand som produkt. I reaktion 1 (R1) dannes også kuldioxid, som er en gas. Derfor vil noget af tørstoffet i RGA typisk blive omdannet til vand og kuldioxid. Netto effekten af de kemiske reaktioner på "tørstof massebalancen" er, at man kan forvente, at der vil opstå et tørstof (TS) massetab ved HALOSEP processen. Man kan beregne det teoretiske TS massetab for hver af reaktionerne R1, R2 og R3. Massetabet er beregnet herunder:

$$\text{TS Massetab (R1)} = 62/173 * 100\% = 35,8\% \quad (\text{R1})$$

$$\text{TS Massetab (R2)} = 36/147 * 100\% = 24,5\% \quad (\text{R2})$$

$$\text{TS Massetab (R3)} = 18/129 * 100\% = 14,0\% \quad (\text{R3})$$

Naturligvis er TS massetabet afhængig af den aktuelle kemiske sammensætning af den RGA som behandles. Det forventes, at TS massetabet i middel vil være omkring 25%.

I tabel 25 ses tørstof massebalancer fra HALOSEP tests med semi tørt RGA.

TS massebalance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr. 1	Semi tørt nr. 1	Semi tørt nr. 2	Semi tørt nr. 2	Semi tørt nr. 3	Semi tørt nr. 3
Semi tørt RGA	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
TS i RGA	100,00	-	100,00	-	100,00	-
TS i X-RGA	-	42,35	-	27,27	-	26,36
TS i BS HCl	16,85	-	18,99	-	25,01	-
TS i tekn. HCl	0,00	-	5,14	-	7,60	-
TS i salt prod.	-	41,98	-	57,70	-	68,49
TS i RV	2,84	6,10	0,00	11,19	0,00	5,26
TS i HM prod.	-	0,82	-	5,16	-	5,15
SUM	119,69	91,25	124,13	101,32	132,62	105,26
Massetab (i %)	-	23,76	-	18,38	-	20,92

Tabel 25: Tørstof massebalancer fra HALOSEP tests med semi tørt RGA

I tabel 26 ses til sammenligning tørstof massebalancer fra HALOSEP tests med wet RGA .

Fra tabel 25 og tabel 26 kan man beregne ud fra tørstof massebalancerne, at TS massetabet for semitørt RGA i middel udgør omkring 21 % og af massetabet for wet RGA i middel udgør omkring 22,5 %. De beregnede TS massetab data er i god overensstemmelse med de forventede værdier.

TS massebalance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Wet RGA	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
TS i RGA	100,00	-	100,00	-	100,00	-
TS i X-RGA	-	57,14	-	54,59	-	51,83
TS i BS HCl	8,96	-	11,91	-	6,25	-
TS i techn. HCl	0,00	-	0,00	-	3,04	-
TS i salt prod.	-	24,42	-	28,48	-	27,91
TS i RV	3,59	4,90	2,85	5,27	5,14	4,06
TS i HM prod.	-	0,21	-	0,21	-	1,71
SUM	112,54	86,68	114,76	88,54	114,43	85,51
Massetab (i %)	-	22,98	-	22,85	-	25,28

Tabel 26: Tørstof massebalancer fra HALOSEP tests med wet RGA

Det kan også ses af tabel 25, at for semi tørt RGA er rest tørstofmængden eller behandlet RGA (X-RGA) mængden efter HALOSEP® behandling kun 26 % af den indgående rå RGA mængde. RGA mængden til deponi er reduceret med 74 %.

Helt analogt ses af tabel 26, at for wet RGA er rest tørstofmængden eller behandlet RGA (X-RGA) efter HALOSEP behandling ca. 52 % af den indgående rå RGA mængde. RGA mængden til deponi er her reduceret med 48 %.

I tabel 27 og i tabel 28 ses massebalancer for klor. Klor massebalancerne er i god overensstemmelse med det forventede. Fra tabel 27 ses det, at klor massebalancerne for semi tørt RGA genfindes mellem 94,6 % og 102,4 % af klormængden, hvilket indikerer at en mindre mængde materiale er overført fra test 1 til test 2 og videre fra test 2 til 3.

Cl masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
Semi tørt RGA	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cl i RGA	11,90	-	17,10	-	10,40	-
Cl i X-RGA	-	0,94	-	0,94	-	0,39
Cl i BS HCl	16,85	-	18,99	-	25,01	-
Cl i tekn. HCl	0,00	-	5,14	-	7,60	-
Cl i salt prod.	-	23,32	-	34,36	-	40,03
Cl i RV	2,84	2,84	0,00	4,75	0,00	3,19
Cl i HM prod.	-	0,03	-	0,47	-	0,45
SUM	28,75	27,14	41,23	40,52	43,02	44,05
Cl massetab i %	-	5,60	-	1,75	-	-2,39

Tabel 27: Klor massebalancer for HALOSEP tests med semi tørt RGA

Fra tabel 28 ses det, at for tests med wet RGA er denne "carry over" effekt betydelig mindre og klor massebalancerne er ganske gode med en genfindning på fra 98,2 % to 100,7 %.

Cl masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Wet RGA	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cl i RGA	5,47	-	4,53	-	5,00	-
Cl i X-RGA	-	0,33	-	0,31	-	0,19
Cl i BS HCl	8,96	-	11,91	-	6,25	-
Cl i tekn. HCl	0,00	-	0,00	-	3,04	-
Cl i salt prod.	-	14,67	-	16,70	-	16,91
Cl i RV	3,59	2,91	3,85	2,89	5,14	2,37
Cl i HM prod.	-	0,01	-	0,01	-	0,10
SUM	18,01	17,92	20,29	19,91	19,43	19,56
Cl massetab i %	-	0,50	-	1,87	-	-0,67

Tabel 28: Klor massebalancer for HALOSEP tests med wet RGA

8.2 Tungmetaller

Massebalancer for Zink (Zn), Bly (Pb), Kobber (Cu), Krom (Cr), Cadmium (Cd), Kviksølv (Hg) og Arsen (As) fra HALOSEP tests med semi tørt RGA er vist i tabellerne 29-35.

Zn masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
Zn i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Zn i RGA	1000,0	-	1100,0	-	870,0	-
Zn i X-RGA	-	551,0	-	437,0	-	253,0
Zn i BS HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Zn i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Zn i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Zn i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn i HM prod.	-	26,0	-	403,0	-	567,0
SUM	1000,0	577,0	1100,0	840,0	870,0	820,0
Zn masstab i %	-	42,3	-	23,6	-	5,7

Tabel 29: Massebalancer for Zink (Zn) for HALOSEP tests med semi tørt RGA

Pb masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
Pb i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Pb i RGA	330,0	-	270,0	-	300,0	-
Pb i X-RGA	-	178,0	-	150,0	-	87,0
Pb i BS HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Pb i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Pb i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Pb i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb i HM prod.	-	10,0	-	115,0	-	171,0
SUM	330,0	188,0	270,0	265,0	300,0	258,0
Pb masstab i %	-	43,0	-	1,8	-	14,0

Tabel 30: Massebalancer for Bly (Pb) for HALOSEP tests med semi tørt RGA

Cu masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
Cu i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cu i RGA	64,0	-	59,1	-	41,9	-
Cu i X-RGA	-	40,3	-	41,0	-	39,5
Cu i BS HCl	3,0	-	2,1	-	2,5	-
Cu i techn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cu i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Cu i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu i HM prod.	-	1,7	-	2,5	-	6,2
SUM	67,0	42,0	61,2	43,5	44,4	45,7
Cu masstab i %	-	37,3	-	29,0	-	-2,9

Tabel 31: Massebalancer for Kobber (Cu) for HALOSEP tests med semi tørt RGA

Cr masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
Cr i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cr i RGA	7,1	-	8,1	-	4,1	-
Cr i X-RGA	-	6,4	-	7,9	-	11,2
Cr i BS HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cr i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cr i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Cr i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr i HM prod.	-	0,2	-	0,5	-	0,3
SUM	7,1	6,6	8,1	8,4	4,1	11,5
Cr masstab i %	-	7,0	-	-3,6	-	-170,0

Tabel 32: Massebalancer for Krom (Cr) for HALOSEP tests med semi tørt RGA

Cd masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
Cd i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cd i RGA	13,00	-	13,00	-	8,50	-
Cd i X-RGA	-	5,5	-	2,6	-	0,9
Cd i BS HCl	0,8	-	0,6	-	0,6	-
Cd i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cd i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Cd i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd i HM prod.	-	1,5	-	11,3	-	11,7
SUM	13,8	7,0	13,6	13,9	9,1	12,6
Cd massetab i %	-	51,0	-	-2,2	-	-38,0

Tabel 33: Massebalancer for Cadmium (Cd) for HALOSEP tests med semi tørt RGA

Hg masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
Hg i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Hg i RGA	1,2	-	1,4	-	0,7	-
Hg i X-RGA	-	1,5	-	1,2	-	2,0
Hg i BS HCl	2,1	-	2,1	-	2,9	-
Hg i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Hg i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Hg i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hg i HM prod.	-	0,1	-	0,1	-	0,2
SUM	3,4	1,6	3,5	1,3	3,6	2,2
Hg massetab i %	-	51,0	-	61,8	-	37,9

Tabel 34: Massebalancer for Kviksølv (Hg) for HALOSEP tests med semi tørt RGA

As masse balance pr 100 kg RGA	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.1	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.2	Semi tørt nr.3	Semi tørt nr.3
As i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
As i RGA	5,4	-	6,1	-	9,7	-
As i X-RGA	-	3,9	-	4,6	-	5,3
As i BS HCl	0,2	-	0,2	-	0,3	-
As i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
As i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
As i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
As i HM prod.	-	0,2	-	0,3	-	0,2
SUM	5,6	4,1	6,3	4,9	10,0	5,5
As massetab i %	-	27,9	-	22,1	-	45,0

Tabel 35: Massebalancer for Arsen (As) for HALOSEP tests med semi tørt RGA

Massebalancerne for Zink (Zn), Bly (Pb), Kobber (Cu), Krom (Cr), Cadmium (Cd), Kviksølv (Hg) og Arsen (As) fra HALOSEP tests med wet RGA er vist i tabellerne 36-42.

Zn masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Zn i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Zn i RGA	2100,0	-	1700,0	-	1400,0	-
Zn i X-RGA	-	1371,4	-	1419,3	-	881,2
Zn i BS HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Zn i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Zn i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Zn i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn i HM prod.	-	27,6	-	4,6	-	308,3
SUM	2100,0	1399,00	1700,0	1423,9	1400,0	1189,5
Zn massetab i %	-	33,3	-	16,2	-	15,0

Tabel 36: Massebalancer for Zink (Zn) for HALOSEP tests med wet RGA

Pb masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Pb i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Pb i RGA	400,0	-	310,0	-	280,00	-
Pb i X-RGA	-	245,6	-	245,9	-	196,8
Pb i BS HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Pb i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Pb i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Pb i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb i HM prod.	-	6,5	-	1,8	-	9,2
SUM	400,0	252,1	310,0	247,7	280,0	206,0
Pb masstab i %	-	37,0	-	20,2	-	26,50

Tabel 37: Massebalancer for Bly (Pb) for HALOSEP tests med wet RGA

Cu masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Cu i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cu i RGA	140,0	-	200,0	-	250,0	-
Cu i X-RGA	-	85,7	-	103,7	-	134,9
Cu i BS HCl	1,2	-	1,9	-	1,6	-
Cu i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cu i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Cu i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu i HM prod.	-	0,5	-	0,5	-	1,4
SUM	141,2	86,2	201,9	104,2	251,6	136,3
Cu masstab i %	-	39,1	-	48,3	-	46,0

Tabel 38: Massebalancer for Kobber (Cu) for HALOSEP tests med wet RGA

Cr masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Cr i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cr i RGA	16,0	-	15,0	-	14,00	-
Cr i X-RGA	-	12,4	-	12,5	-	10,9
Cr i BS HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cr i techn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cr i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Cr i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr i HM prod.	-	0,05	-	0,0	-	0,05
SUM	16,0	12,45	15,0	12,5	14,0	10,95
Cr masstab i %	-	21,2	-	16,2	-	22,0

Tabel 39: Massebalancer for Krom (Cr) for HALOSEP tests med wet RGA

Cd masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Cd i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Cd i RGA	16,0	-	11,0	-	7,4	-
Cd i X-RGA	-	9,7	-	6,0	-	2,5
Cd i BS HCl	0,4	-	0,6	-	0,5	-
Cd i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Cd i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Cd i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd i HM prod.	-	1,0	-	4,4	-	6,0
SUM	16,4	10,7	11,6	10,4	7,9	8,5
Cd masstab i %	-	34,3	-	10,2	-	-7,7

Tabel 40: Massebalancer for Cadmium (Cd) for HALOSEP tests med wet RGA

Hg masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
Hg i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
Hg i RGA	0,1	-	0,05	-	0,0	-
Hg i X-RGA	-	0,75	-	0,87	-	0,5
Hg i BS HCl	1,15	-	1,8	-	1,56	-
Hg i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Hg i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Hg i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hg i HM prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
SUM	1,25	0,75	1,85	0,87	1,56	0,5
Hg masstab i %	-	40,3	-	53,3	-	70,5

Tabel 41: Massebalancer for Kviksølv (Hg) for HALOSEP tests med wet RGA

As masse balance pr 100 kg RGA	Wet nr.1	Wet nr.1	Wet nr.2	Wet nr.2	Wet nr.3	Wet nr.3
As i g/100kg	Ind (1)	Ud (1)	Ind (2)	Ud (2)	Ind (3)	Ud (3)
As i RGA	20,0	-	17,0	-	16,0	-
As i X-RGA	-	12,6	-	13,7	-	12,4
As i BS HCl	0,2	-	0,4	-	0,3	-
As i tekn. HCl	0,0	-	0,0	-	0,0	-
As i salt prod.	-	0,0	-	0,0	-	0,0
As i RV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
As i HM prod.	-	0,05	-	0,05	-	0,1
SUM	20,2	12,65	17,4	13,75	16,3	12,5
As masstab i %	-	37,3	-	21,3	-	23,4

Tabel 42: Massebalancer for Arsen (As) for HALOSEP tests med wet RGA

For Zink massebalancer ses fra tabel 29 og tabel 36 at op til 95 % af input Zink mængden genfindes i produkterne for semi tørt RGA og op til 85 % af input Zink mængden genfindes for wet RGA.

For Bly massebalancer ses fra tabel 30 og tabel 37 at op til 98 % af input Bly mængden genfindes i produkterne for semi tørt RGA og op til 80 % af input Zink mængden genfindes for wet RGA

For Kobber massebalancer ses af tabel 31 og tabel 38 at op til 102 % af input Kobber mængden genfindes i produkterne for semi tørt RGA og op til 61 % af input Kobber mængden genfindes for wet RGA.

For Krom massebalancer ses af tabel 32 og tabel 39 at op til 270 % af input Krom mængden genfindes i produkterne for semi tørt RGA og op til 61 % af input Krom mængden genfindes for wet RGA. Det bør hertil nævnes, at Krom indholdet i absolutte tal i semitørt RGA er meget lille, hvilket kan forklare den høje genfinding af Krom på (+170 %) i semi tørt test nr.3.

For Cadmium massebalancer ses af tabel 33 og tabel 40 at op til 138 % af input Cadmium mængden genfindes i produkterne for semi tørt RGA og op til 108 % af input Cadmium mængden genfindes for wet RGA.

For Kviksølv massebalancer ses af tabel 34 og tabel 41 at op til 62 % af input Kviksølv mængden genfindes i produkterne for semi tørt RGA og op til 60 % af input Kviksølv mængden genfindes for wet RGA. Kviksølv kommer især fra den tilsatte scrubber væske.

For Arsen massebalancer ses af tabel 35 og tabel 42 at op til 78 % af input Arsen mængden genfindes i produkterne for semi tørt RGA og op til 79 % af input Arsen mængden genfindes for wet RGA.

Det skal bemærkes, at både RGA og X-RGA er noget inhomogene produkter og at variationer i sammensætning kan forventes at forekomme indenfor hver 100 kg batch. Der er en tendens til at genfindingen (i %) og dermed massebalancen er bedre for semitørt RGA sammenlignet med wet RGA.

I tabel 43 ses genfindingsprocenter for de undersøgte tungmetaller ved de udførte HALOSEP tests. Cadmium, Zink og Bly er de tungmetaller der ekstraheres bedst.

Tungmetal	Semi tørt RGA Genfinding i %	Wet RGA Genfinding i %
Zink	95	85
Bly	98	80
Kobber	102	61
Krom	270	61
Cadmium	138	108
Kviksølv	62	60
Arsen	78	79

Tabel 43: Maksimum tungmetal genfinding i HALOSEP tests (i % of input)

Fra tabel 43 kan det ses, at Kviksølv har en lav genfindingsprocent for både semi tørt RGA og wet RGA. Det er ikke sandsynligt, at Kviksølv fordampes i HALOSEP processen. Det er muligt, at tilført Kviksølv fra scrubber væsken bindes kemisk på en anden måde af X-RGA stoffer, som gør at Kviksølv bliver sværere at ekstrahere ved analyse. Dioxin adsorbentindholdet i X-RGA kan være en mulig årsag hertil.

Den ekstraherede mængde tungmetal kan udtrykkes ved den mængde tungmetal der er fundet i tungmetal produktet (HMP) i forhold til den mængde tungmetal der er fundet i samtlige produkter fra HALOSEP processen. Den ekstraherede mængde tungmetaller er vist i tabel 44.

Tungmetal	Semi tørt RGA Ekstraktion i %	Wet RGA Ekstraktion i %
Zink	69	26
Bly	66	4
Kobber	13	1
Krom	5	<1
Cadmium	93	71
Kviksølv	8	1
Arsen	7	<1

Tabel 44: Tungmetal ekstraktion (i % af tungmetal i HMP produkt i forhold til tungmetaller fundet i samtlige produkter)

Fra tabel 44 kan det konkluderes, at de tungmetaller der ekstraheres ved HALOSEP behandlingen er Cadmium, Zink og Bly. Endvidere vil tungmetallerne Cadmium, Zink og Bly blive ekstraheret med stadig stigende ekstraktionseffektivitet ved højere alkalinitetsfjernelse som setpunkt. Ønskes højere ekstraktionseffektivitet end anført i tabel 44 kræves således mere end 75% alkalinitetsfjernelse for semi tørt RGA og mere end 92 % alkalinitetsfjernelse for wet RGA.

Krom, Kviksølv og Arsen findes mest i X-RGA. Kobber kan også ekstraheres i nogen grad.

8.3 Dioxiner og furaner

Dioxiner og furaner er blevet analyseret i udvalgte strømme fra HALOSEP testene. Fire strømme fra semi tørt RGA (test 3) og fire strømme fra wet RGA (test 3) er blevet analyseret for dioxiner og furaner. Følgende otte strømme blev udvalgt til dioxin og furan analyser:

- Semi tørt RGA fra test 3
- X-RGA (behandlet RGA) fra semi tørt RGA test 3
- Tungmetal produkt (HMP) fra semi tørt RGA test 3
- Salt produkt fra semi tørt RGA test 3
- Wet RGA fra test 3
- X-RGA (behandlet RGA) fra wet RGA test 3
- Tungmetal produkt fra wet RGA test 3
- Salt produkt fra wet RGA test 3

Dioxiner og furan analyser er udført af SGS Belgium NV. Samtlige analyser er vist i Bilag C. I tabel 45 er dioxin- og furan resultaterne vist samlet.

Udvalgte strømme (Bilag C)	Prøve Identifik. Semi tørt / Wet (Bilag C)	Dioxin- og furaner Semi Tørt RGA (test 3)	Dioxin- og furaner Wet RGA (test 3)
RGA (rå)	SD-T3-IN-T3	810,0	-
X-RGA	SD-T3-OUT-T3	1.600,0	-
Tungmetal produkt	SD-HMP-T3	12,9	-
Salt produkt	SD-SW-POL-T3	0,0013-0,0049	-
RGA (rå)	WET-T3-IN-T3	-	56,0
X-RGA	WET-T3-OUT-T3	-	59,0
Tungmetal produkt	WET-HMP-T3	-	0,14-1,9
Salt produkt	WET-SW-POL-T3	-	0,00023-0,0046

Tabel 45: Dioxiner- og furaner i udvalgte strømme fra HALOSEP behandling. Dioxin- og furan indhold i I-TEQ ng/kg TS (tørstof) og i I-TEQ ng/kg (saltopløsning). Data fra Bilag C.

Det kan konkluderes, at indholdet af dioxiner og furaner i saltproduktet fra behandling af både semi tørt RGA og wet RGA med HALOSEP processer er tæt på eller under analyse grænseværdierne. Dioxin og furanindholdet er også lave i tungmetalprodukterne. Det lave indhold af dioxiner og furaner i tungmetalprodukterne kan skyldes overførsel af små mængder X-RGA partikler fra separationstrinnet til fældningstrinnet.

Det kan derfor konkluderes, at ved HALOSEP processen opkoncentreres dioxiner og furaner i det behandlede RGA eller rettere at dioxiner og furaner forbliver i den mindre mængde X-RGA, der jo fortsat indeholder dioxinabsorbenten.

9 Teknisk, miljømæssig og økonomisk diskussion

HALOSEP pilotanlægget (figur 2 og figur 3) er blevet designet som et mobilt anlæg og er herefter indbygget i to stk. 20 fods skibscontainere. Pilotanlæggets kapacitet er omkring 100 kg pr. time i ekstraktionstrinnet og ca. 300 kg pr. time i skylletrinnet. Pilotanlægget drives som en batch proces og der anvendes et antal batche (2-4 stk) til hver pilot test.

Den installerede motoreffekt i pilotanlægget er 27 kW. Heraf har centrifugen alene en installeret motoreffekt på 15 kW. Det er separationstrinnet med centrifugen som er den største energiforbrugende komponent i pilotanlægget. Herefter kommer de tre omrørere i slurrytanken, ekstraktionstanken, skylletanken og endelig fødepumpen for centrifugen.

Effektforbruget pr. ton RGA er estimeret under HALOSEP pilotforsøgene til 40-50 kwh/ton RGA. I et 20.000 ton/år fuld skala anlæg (ca. 3 ton pr. time) forventes effektforbruget at udgøre omkring 18-25 kwh/ton RGA.

Til behandling af RGA anvendes saltsyre i HALOSEP processen som kemikalie til både at reducere alkaliniteten af RGA og samtidig opnå væsentligt forbedrede udvaskningsegenskaber af den behandlede RGA. Det er blevet demonstreret i dette projekt, at affalds saltsyre i form af scrubber væske fra forbrændingsanlæg netop kan anvendes som kemikalie i HALOSEP processen. Herved reduceres mængden af ny teknisk saltsyre til et minimum. Mængden af affalds saltsyre som kræves til processen varierer mellem 168 – 250 kg pr. ton RGA for semitørt RGA og fra 62 – 119 kg pr. ton RGA for wet RGA. Mængden af ny saltsyre har under forsøgene været varieret mellem 0 – 75 kg pr. ton RGA for semitørt RGA og fra 0 – 30 kg pr. ton RGA for wet RGA. Det er med projektet vist, at der ikke kræves tilsætning af ny saltsyre for at gennemføre processen, men at HALOSEP processen faktisk kan gennemføres med anvendelse af scrubber væske som eneste saltsyrekilde.

Til fældning af tungmetaller anvendes i HALOSEP processen saltsyre, calciumhydroxid eller natriumhydroxid afhængig af de anvendte driftsparametre. Mængden af fældningskemikalie der skal anvendes er relativt lille typisk omkring 5-15 kg pr. ton RGA. Valget mellem calciumhydroxid eller natriumhydroxid er teknisk og økonomisk afhængigt af koncentrationen og mængden af tungmetaller der skal udfældes. Når calciumhydroxid anvendes øges mængden af tungmetal produkt (HMP) medens koncentrationen af tungmetaller i HMP produktet er lavt. Når natriumhydroxid anvendes bliver mængden af tungmetalprodukt lavere medens koncentrationen af tungmetaller i HMP produktet bliver højt. Når saltsyre anvendes bliver mængde og koncentration af tungmetaller som når natriumhydroxid anvendes. Det er økonomiske overvejelser, der afgør hvilket fældningskemikalie der anvendes i HALOSEP processen.

Ud fra klor massebalancerne kan man se, at med HALOSEP processen kan man udvinde og genvinde mere end 99% af klor indholdet i RGA fra forbrændingsanlæg med såvel semitør røggas behandling som wet røggas behandling.

De gennemførte udvaskningstests viser, at det HALOSEP behandlede RGA (for de testede tungmetaller) overholder acceptkriterierne i EU's Rådsbeslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg for "ikke farligt affald" (deponeret i samme celler som stabilt ikke reaktivt affald). Dette gælder dog ikke kviksølv - og i en enkelt test cadmium - hvor der ses en overskridelse af kriterierne. Testene viser også, at udvaskningskriterierne for deponering på deponeringsanlæg for "ikke farligt affald" af semitørt behandlet RGA er overskredet for klor. Det vurderes dog, at denne grænseværdi kan overholdes ved at justere på HALOSEP processen.

Det skal understreges, at udvaskningstestene ikke har omfattet en række af de stoffer som der i Rådsbeslutningen om deponering er opstillet acceptkriterier for. Udvaskningstestene har således

ikke omfattet Ba, Mo, Ni, Sb, Se, F og DOC (opløst organisk kulstof). Der er heller ikke udført de faststofanalyser, som forudsættes i Rådsbeslutningen. Hertil kommer, at den danske implementering af Rådsbeslutningen indebærer en skærpelse af visse acceptkriterier, specielt for ikke kystnært beliggende deponeringsanlæg. Af disse årsager er det ikke på grundlag af de gennemførte analyser muligt at vurdere, hvorvidt det behandlede røggasrensningsaffald overholder Rådsbeslutningens kriterier for deponering på deponeringsanlæg for ikke farligt affald eller de kommende danske kriterier herfor.

Det antages, at den behandlede RGA ikke kan genanvendes, men skal deponeres. På grundlag af de gennemførte udvaskningstests, som ikke giver grundlag for at vurdere om det behandlede RGA kan deponeres på deponeringsanlæg for "ikke farligt affald" (deponeret i samme celler som stabilt ikke reaktivt affald), forudsættes det i beregningerne, at deponeringen vil ske på deponeringsanlæg for farligt affald.

Mængden af RGA tørstof til deponi vil med HALOSEP behandlingen kunne reduceres til 26 % (svarende til en reduktion på 74 %) af rå RGA mængden for semitørt RGA og ca. 51 % (svarende til en reduktion på 49 %) af rå RGA mængden for wet RGA.

I praksis vil såvel ubehandlet såvel som behandlet RGA til deponering indeholde vand. Det typiske vandindhold i X-RGA ligger på omkring 30%. Deponeres X-RGA inkl. vand reduceres mængden af X-RGA til deponi med 71,6 % for semitørt RGA og omkring 44,5 % for wet RGA (se tabel 46).

Imidlertid tilsætter forbrændingsanlæggene idag vand til rå RGA tørstof. Med et vandindhold på 25 % vil 133,3 kg ubehandlet RGA indeholde 100 kg tørstof og 33,3 kg vand (se tabel 46). Som følge af den tørstofreduktion der sker ved HALOSEP processen vil der kun blive deponeret ca. 11 kg vand på 100 kg rå RGA input for semitørt RGA (se tabel 46 kolonne 2) og kun ca. 22 kg vand pr. 100 kg rå RGA input for wet RGA (se tabel 46 kolonne 4). Netto resultatet er således, at der deponeres en mindre mængde vand sammen med RGA, selv om HALOSEP behandlet RGA indeholder en højere vandprocent end det ubehandlede RGA der deponeres i dag.

Basis er 100 kg rå RGA tørstof	Semi tørt rå RGA	Semi tørt X-RGA	Wet rå RGA	Wet X-RGA
Tørstof %	75	70	75	70
Vandindhold %	25	30	25	30
Tørstof kg	100,0	26,5	100	51,8
Vandindhold kg	33,3	11,3	33,3	22,2
RGA til deponering kg	133,3	37,8	133,3	74,0
Reduktion i RGA mængde til deponi %	-	71,6	-	44,5

Tabel 46: Tørstofindhold og vandindhold i RGA til deponi med og uden HALOSEP behandling. Basis er 100 kg rå RGA tørstof.

Herved opstår det interessante forhold, at RGA mængden til deponi reduceres mere end hvad tørstofreduktionen kan gøre rede for, idet jo vandmængden samtidig reduceres med henholdsvis 22 kg pr. 100 kg rå RGA til deponi for semitørt RGA og med 11 kg pr. 100 kg rå RGA til deponi for wet RGA. For et forbrændingsanlæg med våd røggasrensning bliver effekten af HALOSEP behandlingen af RGA reelt endnu større da slammængden fra neutralisation- og tungmetal fældning af scrubber væsken stort set elimineres.

Mængden af saltprodukt som kommer fra HALOSEP behandlingen udgør omkring 450-700 kg pr. ton semitørt RGA på tørstof basis og tilsvarende fås mængden af saltprodukt fra HALOSEP behandling af wet RGA til omkring 290-330 kg pr. ton wet RGA på tørstof basis. Saltproduktet er i form af en saltopløsning på ca. 20-25 % (w/w) saltindhold. Saltproduktets indhold af dioxiner- og furaner og tungmetaller er tæt på eller under detektionsgrænserne. Herudover er saltproduktet fra semitørt RGA en blanding af salte med sammensætningen 75-80 % calciumklorid, 12-14 % natriumklorid og 8-10% kaliumklorid. Saltproduktet fra wet RGA har en anden saltsammensætning med 57-62 % calciumklorid, 23-26 % natriumklorid og 14-16 % kaliumklorid.

Saltblandinger anvendes i bl.a. vejsalt produkter, gødningsprodukter og i nogle produkter som fodertilskud. Størst enkelt anvendelse forventes at være vejsalt til afisningsformål. I tabel 47 ses eksempler fra tre lande på kommercielle produkter hvori blandinger af salte indgår.

	IS-FRITT vej salt (Scantech)	KornKali gødning (Aller Mølle)	PEP-Elektrolyt (Trouw)
	(Norge)	(Danmark)	(Holland)
CaCl ₂	90-95	-	-
NaCl	1-5	9,4	12
KCl	1-3	63	6
Mg	-	3,6	-
S	-	5	-

Tabel 47: Kommercielle produkter hvori anvendes blandede salte. Kemisk sammensætning af "IS-FRITT" (Vejsalt), "Kornkali" (gødning) og "PEP-elektrolyt".

Tungmetalproduktet (HMP) udgør omkring 1-5 % af det indgående RGA. Der er målt op til 18 % zinkindhold i HMP. Mulighederne for recycling af HMP bør på sigt undersøges nærmere.

Der er ikke udarbejdet en egentlig LCA analyse af HALOSEP processen I dette projekt. Miljømæssigt vurderes det, at reduktionen af X-RGA mængden til deponi (inkl. overstørrelser og HMP) samt de forbedrede udvaskningsegenskaber for X-RGA sammenlignet med rå RGA vil have den største miljømæssige effekt. Genvinding af salte vurderes at have en mindre men positiv miljømæssig effekt. Der bør udføres en egentlig LCA analyse for HALOSEP processen.

Dioxiner og furaner forbliver i X-RGA og er sandsynligvis bundet til den tilsatte dioxin absorbent, som hos AF og VF er enten aktivt kul eller HOK. Indholdet af dioxiner og furaner i saltproduktet er tæt på eller under analysegrænseværdierne. Der er fundet små mængder af dioxiner og furaner i HMP produktet, som skyldes carry over af partikulært materiale fra separation og fældning. Mulighederne for zink genvinding fra HMP kan også medvirke til at yderligere forbedre miljøprofilen for HALOSEP® processen.

I det følgende er præsenteres økonomi data for et ca. 20.000 ton/år HALOSEP anlæg. I tabel 48 vises økonomiske enhedsomkostninger med udgangspunkt i danske forhold for et ca. 20.000 ton/år HALOSEP anlæg.

Økonomi beskrivelse	Enhedsomkostning (100 Euro = 750 DKK)
Deponeringsomkostning rå RGA (ST/Wet)	80 euro/ton
Deponeringsomkostning "X-RGA", "overstr."	80 euro/ton
Deponeringsomkostning "HMP produkt"	80 euro/ton
El pris (euro/kwh)	0,08 euro/kwh
Ny (34%) HCl	73 euro/ton
Calcium hydroxid (Ca(OH) ₂)	93 euro/ton
Natriumhydroxid (NaOH)	267 euro/ton
Affalds HCl (transport inkl.)	- 12 euro/ton
Pris salt produkt	- 13,3 euro/ton
Drifts personale	5 euro/ton
Vedligeholdelse (3,6%)	3 euro/ton
Afskrivningstid	20 års(*)
Rente	4 % p.a.

Tabel 48: Enhedsomkostninger for et 20 kton HALOSEP anlæg til økonomiberegninger.

(*) AF og VF forbrændingsanlæg anvender afskrivningstider på 20 år

Følgende forudsætninger er antaget i forbindelse med økonomiberegningerne. Der er anvendt et prisniveau fra 2006-2007. Deponering sker på anlæg for farligt affald.

- Omkostningerne ved deponering af X-RGA, HMP produkt, og overstørrelser er den samme som deponering af rå RGA eksklusiv vand (skønnet til 80 Euro/ton).
- Ved deponering af rå RGA med 25% vandindhold sættes deponeringsprisen til 106,7 Euro/ton selv om det reelt er mængden af RGA der øges med ca. 33 % vægt og deponeringsprisen fortsat er skønnet til 80 Euro/ton ved deponering på anlæg for farligt affald.
- Energi omkostninger til HALOSEP behandling er inkluderet (men ekskl. saltinddampning)
- Kemikalieomkostninger til HALOSEP behandling er inkluderet.
- Driftspersonale til HALOSEP anlæg (5 euro/ton) er inkluderet
- Investeringsomkostninger er inkl. med 13,5 euro/ton ved anvendelse af 20 års afskrivningstid og en rente på 4 % p.a. (af Anlægsinvesteringen).
- Vedligeholdelse på 3 euro/ton er inkl.
- En indtægt på 13,3 euro per ton for salt produktet (Tørstof) dersom saltproduktet kan genvindes.
- En netto indtægt på 10,0 euro per ton for behandling af scrubber væske. Transportudgifter til affaldssyren ikke er inkluderet i netto indtægten.
- Dersom saltproduktet ikke genvindes udledes det som spildevand. Udgiften til spildevandsudledning medtages ikke på RGA fra anlæg med wet røggasrensning da denne udgift blot vil skulle modregnes ved en øget pris på behandling af scrubber væske. Udgiften til spildevandsudledning medtages på RGA fra anlæg med semi-tør røggasrensning da RGA behandlingen svarer til, at man på anlæg med semitør røggasrensning ville opnå en øgning af spildevandmængden. Det antages, at udgiften ved udledning til recipienten udgør 1,5 euro pr m³ spildevand og at der kan udledes spildevand med 4 % klorindhold.

I tabel 49 er vist de beregnede behandlingsomkostninger til HALOSEP RGA behandling med udgangspunkt i danske forhold for et ca. 20.000 ton/år HALOSEP® anlæg.

Omkostn. til HALOSEP RGA behandling 20.000 t/år anlæg	Semi-tørt 1 fra tabel 25 Euro/ton	Semi-tørt 2 fra tabel 25 Euro/ton	Wet-RGA 1 fra tabel 26 Euro/ton	Wet RGA 2 fra tabel 26 Euro/ton
Deponering af X-RGA (med 30 % vandindhold)	48,3	31,1	65,2	62,4
Deponering af HMP samt overstør. med 30 % vandindhold	2,2	5,9	2,3	1,3
El & kemikalie omkostning	2,2	13,8	2,5	3,1
Personale omkostninger	5,0	5,0	5,0	5,0
Vedligeholdelse	3,0	3,0	3,0	3,0
Investeringsomkostninger	13,5	13,5	13,5	13,5
Indtægt (scrubber væske)	-16,0	-25,0	-12,5	-16,4
Indtægt (saltprodukt)	-6,0	-8,9	-3,9	-4,4
Total omkostning HALOSEP	52,2	38,4	75,1	67,5
Total omkostninger idag (med 25% vandindhold)	106,7	106,7	106,7	106,7
Besparelse ved HALOSEP RGA behandling i %	50,9	64,0	29,6	36,7

Tabel 49: Behandlingsomkostninger (i Euro/ton) for et 20 kton HALOSEP anlæg til behandling af semi-tørt RGA (forsøg 1 og 2) og wet RGA (forsøg 1 og 2) fra Tabel 25 på side 125 og tabel 26 på side 126. Eksempel på beregning for Semi-tørt 1 (X-RGA på deponi): $0,423 \text{ ton TS} \cdot 80 \text{ Euro/ton} \cdot 100/70 = 48,3 \text{ Euro/ton X-RGA}$ til deponi med 30% vandindhold. Omkostningen til HALOSEP® behandling ses sammenholdt med omkostninger til deponering idag.

Behandlingsomkostningerne er vist for HALOSEP behandling af semitørt RGA case 1 og case 2 (fra tabel 25 side 39) samt wet RGA case 1 og case 2 (fra tabel 26 side 39) og sammenlignet med behandlingsomkostningerne ved deponering i dag.

Med baggrund i økonomidata fra tabel 48 og tabel 49 kan det beregnes, at omkostningerne ved at deponere X-RGA, HMP produkt samt overstørrelser fra semitørt RGA sammenlignet med deponering af rå ubehandlet RGA idag kan reduceres med 50-64 %. Helt analogt fås for wet RGA, at omkostningerne ved at deponere X-RGA, HMP produkt samt overstørrelser fra wet RGA sammenlignet med deponering af rå ubehandlet RGA idag reduceres med 30-37 %.

Hvis saltproduktet ikke kan genanvendes, men må udledes som spildevand med et klorindhold på mindre end 4 %, medregnes udgiften til udledning af spildevand kun for anlæg med semitør røggasrensning, som nævnt tidligere. Prisen på udledning af spildevand vil afhænge af recipienten. Omkostningerne ved HALOSEP behandling med udledning af spildevand er vist i tabel 50.

Det ses af tabel 50, at omkostningerne ved HALOSEP behandling (med udledning af salt) af semitørt RGA og deponering af X-RGA, HMP produkt samt overstørrelser fra semitørt RGA sammenlignet med deponering af rå ubehandlet RGA vil kunne reduceres med 37-44 %. Helt analogt fås for HALOSEP behandling (med udledning af salt) af wet RGA, at omkostningerne ved at deponere X-RGA, HMP produkt samt overstørrelser fra wet RGA sammenlignet med deponering af rå ubehandlet RGA vil kunne reduceres med 26-33 %.

Hvis udgiften til spildevandsudledning øges til ca. 3,5 euro/m³ bliver besparelsen på behandling af semitørt RGA (tabel 50) den samme som besparelsen på behandling af wet RGA dvs. i området 26 – 33 %

Omkostninger til Halosep RGA behandling 20.000 t/år anlæg	Semi-tørt 1 fra tabel 25 Euro/ton	Semi-tørt 2 fra tabel 25 Euro/ton	Wet-RGA 1 fra tabel 26 Euro/ton	Wet RGA 2 fra tabel 26 Euro/ton
Deponering af X-RGA (med 30 % vandindhold)	48,3	31,1	65,2	62,4
Deponering af HMP samt overstør. med 30 % vandindhold	2,2	5,9	2,3	1,3
El & kemikalieomkostning	2,2	13,8	2,5	3,1
Personaleomkostninger	5,0	5,0	5,0	5,0
Vedligeholdelse	3,0	3,0	3,0	3,0
Investeringsomkostninger	13,5	13,5	13,5	13,5
Indtægt (scrubber væske)	-16,0	-25,0	-12,5	-16,4
Spildevand	8,7	12,9	0	0
Total omkostning HALOSEP	66,9	60,2	79,0	71,9
Total omkostninger idag (med 25% vandindhold)	106,7	106,7	106,7	106,7
Besparelse ved HALOSEP RGA behandling i %	37,1	43,6	26,0	32,6

Tabel 50: Behandlingsomkostninger (i Euro/ton) for et 20 kton HALOSEP anlæg til behandling af semi-tørt RGA (forsøg 1 og 2) og wet RGA (forsøg 1 og 2) fra Tabel 25 og 26 side 38. Det er her antaget, at salt udledes som "spildevand"

I tabel 49 og tabel 50 er hele besparelsen ved ikke at skulle behandle scrubbevæsken ikke medtaget (f.eks drift, vedligeholdelse samt investeringsomkostninger). Denne besparelse er ikke relevant for forbrændingsanlæg med semitør røggasrensning medens der vil være en betydelig ekstra omkostningsbesparelse på anlæg med wet røggasrensning.

Ved indførsel af en saltseparationsproces til HALOSEP processen kan det antages, at værdien af saltprodukter balancerer de øgede investerings- og driftsomkostninger ved saltseparationsprocessen. Det er dog ikke indenfor rammerne af nærværende projekt vurderet, hvorvidt saltprodukterne kan genanvendes.

Med baggrund i den teknisk, miljømæssige og økonomiske diskussion kan det konkluderes, at HALOSEP processen har et stort potentiale som en fremtidig behandlingsproces for røggasrensningsaffald samt scrubber væske (affaldssaltsyre) fra forbrændingsanlæg såvel teknisk, miljømæssigt og økonomisk.

Referencer

Ref. 1

Nyttiggørelse af kommunalt indsamlet PVC affald, MST projekt nr. M3288-0191

Af Uffe Rahbek, RGS90 Watech og Erik Rasmussen, RGS90 Watech

Ref. 2

Udvaskningsresultater (VKI) fra trin 2 Bertin Technologies. (Data from Norsk Hydro)

Bilag A RGA analyser fra Amagerforbrænding

FGW product analysis
AF Incineration plant
1996-2003

Parameter	Average 1996	Average 1997	Average 1998	Average 1999	Average 2000	Average 2001	Average 2002	Average 2003	Enhed
CaO %	10,8	7,6	7,1	6,9	11,7	15,4	19,4	19,2	%
Calcium	253	228	225	223	260	293	330	290	g/kg DS
Cadmium	193	193	195	185	155	123	104	96	mg/kg DS
Lead	6167	6225	6575	6525	4925	3500	3925	3075	mg/kg DS
Arsenic	96	88	133	153	170	123	168	124	mg/kg DS
Mercury	4,6	16,7	13,8	16,0	20,0	15,3	16,9	15,3	mg/kg DS
Chloride	13,7	13,0	13,0	15,5	13,6	12,0	9,2	8,9	%
Total sulphur				21	15	37	14	12	g/kg DS
Dry Substance	98,4	98,6	98,8	98,5	97,3	95,5	97,4	98,0	%
Copper		1010	815	905	778	635	515	523	mg/kg DS
Chromium		107	108	106	148	89	88	85	mg/kg DS
Manganese		403	435	455	428	393	448	460	mg/kg DS
Nickel		38	47	44	51	27	32	32	mg/kg DS
Tin		647	758	750	650	518	470	405	mg/kg DS
Zinc		22333	22250	21500	20250	14750	15750	12500	mg/kg DS
Aluminium						16667			mg/kg DS
Tot. Al						22000			mg/kg DS
EOCl			1,0						mg/kg
EOX				1,5	1,5	0,2	<2	Average 2004	mg X/kg DS
TOC		3390	3575	3505	3050	6500	4033		mg/kg DS
Loss of Ignition				4,6				3418,9	% of DS
Sum PAH				1,0	1,5	10,5	3,8	3698	mg/kg DS
Dioxins & Furans						1080		3978	I -TEQ ng/kg

»BILAG

KRITERIER OG PROCEDURER FOR MODTAGELSE AF AFFALD PÅ DEPONERINGSANLÆG**INDLEDNING**

Dette bilag fastlægger den ensartede procedure for klassificering og modtagelse af affald i overensstemmelse med bilag II i direktiv 1999/31/EF om deponering af affald.

Der er i overensstemmelse med traktatens artikel 176 intet til hinder for, at medlemsstaterne kan opretholde eller indføre beskyttelsesforanstaltninger, som er strengere end dem, der er fastsat i dette bilag, forudsat disse foranstaltninger er forenelige med traktaten. Foranstaltningerne skal anmeldes til Kommissionen. Dette kan især have betydning i forbindelse med grænseværdierne for kadmium og kviksølv i afsnit 2. Medlemsstaterne kan også indføre grænseværdier for komponenter, der ikke er omfattet af afsnit 2.

Bilagets afsnit 1 fastlægger den procedure, hvorefter det skal afgøres, om affaldet kan modtages på et deponeringsanlæg. Proceduren omfatter grundlæggende karakterisering, overensstemmelsestestning og kontrol på stedet som defineret i afsnit 3 i bilag II til direktiv 1999/31/EF.

Bilagets afsnit 2 indeholder modtagelseskriterierne for de enkelte kategorier af deponeringsanlæg. Affald kan kun modtages på et deponeringsanlæg, hvis det opfylder modtagelseskriterierne i dette bilags afsnit 2 for anlæg i den pågældende kategori.

Afsnit 3 angiver de metoder, der skal benyttes ved prøveudtagning og testning af affald.

Appendix A fastsætter den sikkerhedsvurdering, der skal foretages ved underjordisk deponering.

Appendix B er oplysende og indeholder en oversigt over direktivets deponeringsmuligheder og eksempler på en mulig underinddeling af deponeringsanlæg for ikke-farligt affald.

1. PROCEDURE FOR MODTAGELSE AF AFFALD PÅ DEPONERINGSANLÆG**1.1. Grundlæggende karakterisering**

Den grundlæggende karakterisering er det første led i modtagelsesproceduren og indebærer en fuldstændig karakterisering af affaldet med alle de oplysninger, der er nødvendige for en sikker deponering på langt sigt. Der kræves en grundlæggende karakterisering af hver enkelt affaldstype.

1.1.1. Den grundlæggende karakterisering tjener følgende formål:

- a) At tilvejebringe grundlæggende information om affaldet (type, oprindelse, sammensætning, konsistens, perkolatafgivelse og — efter behov og hvis de er til rådighed — andre karakteristiske egenskaber)
- b) At tilvejebringe information, som er afgørende for forståelsen af affaldets opførsel ved deponering og for vurderingen af behandlingsmulighederne som fastsat i artikel 6, litra a), i direktiv 1999/31/EF
- c) At muliggøre en vurdering af affaldet i forhold til grænseværdier
- d) At identificere nøglevariable (kritiske parametre) til brug ved overensstemmelsestestning og muligheder for forenkling af overensstemmelsestestningen (en væsentlig reduktion af antallet af komponenter, som skal måles, dog først når de relevante oplysninger er tilvejebragt). Karakteriseringen kan belyse sammenhængen mellem den grundlæggende karakterisering og resultatet af forenkede testningsprocedurer samt den hyppighed, hvormed overensstemmelsestestning skal finde sted.

Hvis den grundlæggende karakterisering viser, at affaldet opfylder kriterierne for modtagelse på et deponeringsanlæg i en bestemt kategori i overensstemmelse med dette bilags afsnit 2, kan affaldet modtages af deponeringsanlæg i denne kategori. Er det ikke tilfældet, kan affaldet ikke modtages af deponeringsanlæg i denne kategori.

Affaldsproducenten eller i dennes fravær den person, som er ansvarlig for håndteringen af affaldet, skal sikre, at karakteriseringsoplysningerne er korrekte.

Operatøren opbevarer den forlangte information i et tidsrum, som fastsættes af den enkelte medlemsstat.

1.1.2. Der stilles følgende basale krav til indholdet i en grundlæggende affaldskarakterisering:

- a) Affaldets kilde og oprindelse
- b) Oplysninger om den proces, der har frembragt affaldet (beskrivelse og karakterisering af råmaterialer og -produkter)
- c) Beskrivelse af den affaldsbehandling, der benyttes i overensstemmelse med artikel 6, litra a), i direktiv 1999/31/EF eller en begrundelse for, hvorfor en sådan behandling ikke anses for nødvendig
- d) Oplysninger om affaldets sammensætning og udvaskningsegenskaber, når dette er relevant
- e) Affaldets lugt, farve og fysiske form
- f) Kode i den europæiske affaldsliste (Kommissionens beslutning 2001/118/EF) ⁽¹⁾
- g) Hvad angår spejlindgange for farligt affald: de pågældende farlige egenskaber i overensstemmelse med bilag III i Rådets direktiv 91/689/EF af 12. december 1991 om farligt affald ⁽²⁾
- h) Oplysninger, som viser, at affaldet ikke er omfattet af udelukkelsesbestemmelserne i artikel 5, stk. 3, i direktiv 1999/31/EF
- i) Den kategori af deponeringsanlæg, som kan modtage affaldet
- j) Efter behov yderligere sikkerhedsforanstaltninger, som skal træffes på deponeringsanlægget
- k) Kontrol af, om affaldet kan genanvendes eller nyttiggøres.

1.1.3. Testning

Affaldet skal som regel testes, for at de ovennævnte oplysninger kan tilvejebringes. Foruden udvaskningsegenskaberne skal affaldets sammensætning være kendt eller tilvejebringes ved testning. De testmetoder, der benyttes til den grundlæggende karakterisering, skal tillige altid omfatte dem, der skal anvendes i forbindelse med overensstemmelsestestningen.

Karakteriseringens indhold, omfanget af den nødvendige laboratorietestning og sammenhængen mellem den grundlæggende karakterisering og overensstemmelsestestningen afhænger af affaldstypen. Der kan skelnes mellem:

- a) affald, der produceres regelmæssigt ved den samme proces
- b) affald, der ikke produceres regelmæssigt.

Karakteriseringen beskrevet i a) og b) giver oplysninger, der kan sammenlignes direkte med modtagelseskriterierne for deponeringsanlæg i de relevante kategorier, og suppleres desuden med beskrivende oplysninger (f.eks. af følgerne af deponering sammen med dagrenovation).

a) Affald, der produceres regelmæssigt ved den samme proces

Det drejer sig om særskilte, ensartede affaldstyper, der regelmæssigt fremkommer ved den samme proces, hvor

- anlægget og den affaldsproducerende proces er velkendte, og processens udgangsmaterialer og processen selv er veldefinerede
- anlæggets driftsleder giver den, der driver deponeringsanlægget alle nødvendige oplysninger og underretter denne om ændringer af processen (navnlig ændringer af udgangsmaterialerne).

Processen vil ofte være knyttet til et enkelt anlæg. Affaldet kan dog også stamme fra forskellige anlæg, hvis det kan identificeres som en særskilt affaldsstrøm med fælles karakteristika inden for velkendte grænser (f.eks. bundaske/slagger fra forbrænding af dagrenovation).

For disse affaldstypers vedkommende skal den grundlæggende karakterisering opfylde de basale krav i punkt 1.1.2, herunder specielt angive følgende:

- de enkelte affaldstypers sammensætning og variationen heri
- de karakteristiske egenskabers variationsinterval og variabilitet
- hvis det er påkrævet, udvaskningsegenskaberne fastlagt ved hjælp af en batchudvaskningstest og/eller en kolonneudvaskningstest og/eller en test, der beskriver udvaskningens afhængighed af pH
- nøglevariable, som skal testes regelmæssigt.

⁽¹⁾ EFT L 47 af 16.2.2001, s. 1.

⁽²⁾ EFT L 377 af 31.12.1991, s. 20. Senest ændret ved direktiv 94/31/EF (EFT L 168 af 2.7.1994, s. 28).

Hvis affaldet produceres ved samme proces på forskellige anlæg, skal det oplyses, hvad vurderingen omfatter. Der skal derfor foretages tilstrækkeligt mange målinger af affaldet til at vise variationsinterval og variabilitet for de karakteristiske egenskaber. Affaldet kan så betragtes som karakteriseret og skal efterfølgende kun underkastes overensstemmelsestestning, medmindre der sker signifikante ændringer i den affaldsproducerende proces.

For affald, der produceres ved den samme proces på det samme anlæg, kan målingerne af affaldets egenskaber vise sig kun at variere lidt i forhold til de relevante grænseværdier. Affaldet kan så betragtes som karakteriseret, og skal efterfølgende kun underkastes overensstemmelsestestning, medmindre der sker signifikante ændringer i den affaldsproducerende proces.

Affald fra anlæg, der samler eller blander affald, affald fra omlastestationer eller blandede affaldsstrømme fra renovationsselskaber kan have stærkt varierende egenskaber. Dette må der tages hensyn til ved den grundlæggende karakterisering. Sådanne affaldstyper kan være omfattet af kategori b).

b) Affald, der ikke produceres regelmæssigt

Disse affaldstyper produceres ikke regelmæssigt ved den samme proces på det samme anlæg og indgår heller ikke i en veldefineret affaldsstrøm. Hvert enkelt parti af dette affald skal karakteriseres. Den grundlæggende karakterisering skal opfylde de basale krav til indholdet i en grundlæggende karakterisering. Da hvert enkelt parti skal karakteriseres, kræves der ingen overensstemmelsestestning.

1.1.4. Tilfælde, hvor der ikke kræves testning

med den grundlæggende karakterisering kan undlades i følgende tilfælde:

- a) Når affaldet er opført på en liste over affald, der ifølge dette bilags afsnit 2 ikke kræver testning.
- b) Når alle de oplysninger, der kræves til den grundlæggende karakterisering, foreligger og er blevet bekræftet til de kompetente myndigheders fulde tilfredshed.
- c) Når der er tale om bestemte affaldstyper, for hvilke testning ikke er praktisk mulig, eller for hvilke der ikke foreligger relevante testmetoder og modtagelseskriterier. Dette skal godtgøres og dokumenteres, og det skal begrundes, hvorfor affaldet menes at kunne modtages på deponeringsanlæg i den pågældende kategori.

1.2. Overensstemmelsestestning

Når det ud fra den grundlæggende karakterisering i overensstemmelse med afsnit 1 er blevet afgjort, at en bestemt affaldstype kan modtages på deponeringsanlæg i en bestemt kategori, skal dette affald efterfølgende underkastes en overensstemmelsestestning for at kontrollere, om affaldets egenskaber er i overensstemmelse med den grundlæggende karakterisering og opfylder de relevante modtagelseskriterier beskrevet i afsnit 2.

Overensstemmelsestestningens formål er regelmæssig kontrol med affaldsstrømme, der forekommer regelmæssigt.

De relevante parametre, som skal testes, fastlægges som et led i den grundlæggende karakteristik. Parametrene bør være knyttet til de grundlæggende karakteriseringsoplysninger; det er kun nødvendigt at kontrollere de kritiske parametre (nøglevariable), der er opstillet ved den grundlæggende karakterisering. Kontrollen skal vise, at affaldet overholder grænseværdierne for de kritiske parametre.

De testmetoder, som anvendes ved overensstemmelsestestningen, skal være en eller flere af de metoder, der er indgået i den grundlæggende karakterisering. Testningen skal som minimum omfatte en batchudvaskningstest. Hertil benyttes metoderne i afsnit 3.

Affald, som er fritaget for testning i forbindelse med den grundlæggende karakterisering i punkt 1.1.4, litra a), og punkt 1.1.4, litra c), er også fritaget for overensstemmelsestestning. Der skal dog kontrolleres for overensstemmelse med de øvrige oplysninger, der indgår i den grundlæggende karakterisering.

Overensstemmelsestestningen skal gennemføres mindst én gang om året, og den, der driver deponeringsanlægget, skal under alle omstændigheder sikre, at der foretages overensstemmelsestestning i det omfang og med den hyppighed, som den grundlæggende karakterisering har fastsat.

Testresultaterne skal opbevares i et tidsrum, som fastsættes af den enkelte medlemsstat.

1.3. Kontrol på stedet

Hvert enkelt læs affald, der afleveres på et deponeringsanlæg, skal kontrolleres visuelt før og efter aflæsningen. Den dokumentation, som skal ledsage affaldet, skal kontrolleres.

Hvis affaldet anbringes af affaldsproducenten på et deponeringsanlæg, som denne selv disponerer over, kan denne kontrol foretages på afsendelsesstedet.

Affaldet kan modtages på deponeringsanlægget, hvis affaldet er det samme som det, der har været underkastet grundlæggende karakterisering og overensstemmelsestestning, og som beskrives i de ledsagende dokumenter. Er det ikke tilfældet, kan affaldet ikke modtages.

Medlemsstaterne fastsætter testningskravene i forbindelse med kontrol på stedet, herunder eventuelt hurtige testmetoder.

Der udtages regelmæssigt prøver i forbindelse med modtagelsen. Udtagne prøver opbevares efter affaldets modtagelse i et tidsrum, som fastsættes af den enkelte medlemsstat (mindst en måned, jf. artikel 11, litra b), i direktiv 1999/31/EF).

2. MODTAGELSESKRITERIER FOR AFFALD

I dette afsnit beskrives kriterierne for modtagelse af affald på deponeringsanlæg i de enkelte kategorier, herunder også kriterierne for underjordisk deponering.

Under visse omstændigheder kan der accepteres grænseværdier for bestemte parametre, som er indtil tre gange højere end de parametre, der er opført i dette afsnit (bortset fra opløst organisk kulstof (DOC) i punkt 2.1.2.1, 2.2.2, 2.3.1 og 2.4.1, BTEX, PCB og mineralolie i punkt 2.1.2.2, total organisk kulstof (TOC) og pH i punkt 2.3.2 samt glødetab (LOI) og/eller TOC i punkt 2.4.2 samt en begrænsning af den mulige forhøjelse af grænseværdien for TOC i punkt 2.1.2.2 til kun to gange grænseværdien), hvis:

- de kompetente myndigheder i hvert enkelt tilfælde giver deponeringsanlægget tilladelse til at modtage bestemt affald under hensyntagen til anlæggets karakteristika og omgivelser
- en risikovurdering viser, at emissioner (herunder perkolat) fra deponeringsanlægget, under hensyntagen til grænserne for de specifikke parametre i dette afsnit, ikke udgør en forøget fare for miljøet.

Medlemsstaterne indberetter til Kommissionen, hvor mange tilladelser der hvert år udstedes i henhold til denne bestemmelse. Indberetningerne sendes til Kommissionen hvert tredje år som led i indberetningen om gennemførelsen af direktiv 1999/31/EF i overensstemmelse med de nærmere bestemmelser i artikel 15 i dette direktiv.

Medlemsstaterne fastsætter kriterierne for overholdelse af grænseværdierne i dette afsnit.

2.1. Kriterier for deponeringsanlæg til inert affald

2.1.1. *Liste over affald, som kan modtages på deponeringsanlæg til inert affald uden testning*

Affaldstyper på nedenstående liste antages at opfylde kriterierne i definitionen på inert affald i artikel 2, litra e), i direktiv 1999/31/EF og kriterierne beskrevet under punkt 2.1.2. Disse affaldstyper kan modtages på deponeringsanlæg til inert affald uden testning.

Affaldet skal udgøre en enkelt strøm (kun én kilde) af en enkelt affaldstype. De forskellige affaldstyper på listen kan modtages sammen, forudsat de stammer fra samme kilde.

Opstår der mistanke om forurening (ved kontrol eller på grundlag af viden om affaldets oprindelse), skal det underkastes testning eller afvises. Hvis affald på listen er forurenet eller indeholder andre materialer eller stoffer som metaller, asbest, kemikalier osv. i et omfang, der øger risikoen ved affaldet i tilstrækkelig grad til at begrunde dets anbringelse på deponeringsanlæg i andre kategorier, kan det ikke modtages på et deponeringsanlæg til inert affald.

Hvis der er tvivl om, at affaldet er i overensstemmelse med definitionen på inert affald i artikel 2, litra e), i direktiv 1999/31/EF og opfylder kriterierne i punkt 2.1.2, eller om dets forureningsgrad, skal det underkastes testning. Til dette formål anvendes metoderne i afsnit 3.

EAK-kode	Beskrivelse	Begrænsninger
1011 03	Affaldsglasbaserede fibermaterialer	Kun uden organiske bindemidler
1501 07	Glasemballager	
1701 01	Beton	Kun fraserteret B & A-affald (*)
1701 02	Mursten	Kun fraserteret B & A-affald (*)
1701 03	Tegl og keramik	Kun fraserteret B & A-affald (*)
1701 07	Blandinger af beton, mursten, tegl og keramik	Kun fraserteret B & A-affald (*)
1702 02	Glas	
1705 04	Jord og sten	Dog ikke muld- og tørvejord, heller ikke jord og sten fra forurenede steder
1912 05	Glas	
2001 02	Glas	Kun særskilt indsamlet glas
2002 02	Jord og sten	Kun fra have- og parkaffald, dog ikke muld- og tørvejord

(*) Fraserteret bygge- og anlægsaffald (B & A-affald): Med ringe indhold af andre materialer (som metaller, plast, organiske stoffer, træ, gummi osv.). Affaldets oprindelse skal være kendt.

- Ikke B & A-affald, der stammer fra bygninger, og som er forurenet med farlige uorganiske eller organiske stoffer, f.eks. på grund af produktionsprocesser, som blev benyttet under bygningens opførelse eller jordforurening, opbevaring og anvendelse af pesticider eller andre farlige stoffer osv., medmindre det godtgøres, at den nedrevne bygning ikke var væsentligt forurenet.
- Ikke B & A-affald, der stammer fra bygninger og er behandlet, overtrukket eller malet med materialer, som indeholder farlige stoffer i væsentligt omfang.

Affald, der ikke forekommer på denne liste, skal underkastes testning i overensstemmelse med afsnit 1 for at afgøre, om det opfylder kriterierne i punkt 2.1.2 for affald, der kan modtages på deponeringsanlæg til inert affald.

2.1.2. Grænseværdier for affald, der kan modtages på deponeringsanlæg til inert affald

2.1.2.1. Grænseværdier for stofudvaskning

De følgende grænseværdier for stofudvaskning gælder for affald, der kan modtages på deponeringsanlæg til inert affald. De er beregnet ved væske/faststof-forhold (L/S) på 2 l/kg og 10 l/kg for udvaskede stofmængder og direkte udtrykt i mg/l for C_0 (det første eluat fra en kolonneudvaskningstest ved L/S = 0,1 l/kg). Medlemsstaterne afgør selv, hvilke af testmetoderne (jf. afsnit 3) og de tilhørende grænseværdier i tabellen der skal anvendes.

Komponenter	L/S = 2 l/kg	L/S = 10 l/kg	C_0 (kolonneudvaskningstest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
As	0,1	0,5	0,06
Ba	7	20	4
Cd	0,03	0,04	0,02
Cr total	0,2	0,5	0,1

Komponenter	L/S = 2 l/kg	L/S = 10 l/kg	C ₀ (kolonmetest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
Cu	0,9	2	0,6
Hg	0,003	0,01	0,002
Mo	0,3	0,5	0,2
Ni	0,2	0,4	0,12
Pb	0,2	0,5	0,15
Sb	0,02	0,06	0,1
Se	0,06	0,1	0,04
Zn	2	4	1,2
Klorid	550	800	460
Fluorid	4	10	2,5
Sulfat	560 (*)	1 000 (*)	1 500
Fenolindeks	0,5	1	0,3
DOC (**)	240	500	160
TDS (***)	2 500	4 000	—

(*) Hvis affaldet ikke opfylder disse værdier for sulfat, kan det stadig anses for at opfylde modtagelseskriterierne, hvis udvaskningen ikke overskrider nogen af følgende værdier: 1 500 mg/l som C₀ ved L/S = 0,1 l/kg og 6 000 mg/kg ved L/S = 10 l/kg. Det er nødvendigt at anvende en kolonneudvaskningstest for at bestemme grænseværdien ved L/S = 0,1 l/kg ved initial ligevægt, hvorimod værdien ved L/S = 10 l/kg kan bestemmes enten ved en batchudvaskningstest eller ved en kolonneudvaskningstest under forhold, der nærmer sig lokal ligevægtstilstand.

(**) Hvis affaldet ikke opfylder disse værdier for opløst organisk kulstof (DOC) i testen uden styring af pH, kan det som alternativ testes ved L/S = 10 l/kg og en fastholdt pH-værdi på mellem 7,5 og 8,0. Affaldet kan anses for at opfylde modtagelseskriterierne for DOC, hvis resultatet af denne test ikke overstiger 500 mg/kg (der findes en foreløbig testmetode, som bygger på prEN 14429).

(***) Værdierne for total opløst tørstof (TDS) kan benyttes som alternativ til værdierne for sulfat og klorid.

2.1.2.2. Grænseværdier for faststofindholdet af organiske parametre

Foruden grænseværdierne for udvaskning i punkt 2.1.2.1 skal inert affald overholde følgende grænseværdier:

Parameter	Værdi mg/kg
TOC (total organisk kulstof)	30 000 (*)
BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen og xylener)	6
PCB (polyklorerede bifenyl, 7 kongenere)	1
Mineralolie (C10 til C40)	500
PAH (polycykliske aromatiske kulbrinter)	Medlemsstaterne fastsætter grænseværdi

(*) For jord kan de kompetente myndigheder tillade en højere grænseværdi, forudsat at en grænseværdi på 500 mg/kg overholdes for DOC bestemt ved L/S = 10 l/kg, enten ved jordens egen pH eller ved en pH-værdi på mellem 7,5 og 8,0.

2.2. Kriterier for deponeringsanlæg til ikke-farligt affald

Medlemsstaterne kan opstille underkategorier for deponeringsanlæg til ikke-farligt affald.

Dette bilag fastsætter kun grænseværdier for ikke-farligt affald, der deponeres i samme deponeringsenhed som stabilt, ikke-reaktivt farligt affald.

2.2.1. Affald, der kan modtages på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald uden testning

Dagrenovation, som svarer til definitionen i artikel 2, litra b), i direktiv 1999/31/EF og er klassificeret som ikke-farligt affald i kapitel 20 i den europæiske affaldsliste, separat indsamlede ikke-farlige fraktioner af husholdningsaffald og tilsvarende ikke-farlige materialer fra andre kilder kan modtages på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald uden testning.

Affaldet kan ikke modtages, hvis det ikke forinden har været behandlet i overensstemmelse med artikel 6, litra a), i direktiv 1999/31/EF, eller hvis det er forurenet i et omfang, som øger risikoen ved affaldet i tilstrækkelig grad til at begrunde dets deponering på andre anlæg.

Det kan ikke modtages på deponeringsenheder, hvor der deponeres stabilt, ikke-reaktivt, farligt affald i overensstemmelse med artikel 6, litra c), nr. iii), i direktiv 1999/31/EF.

2.2.2. Grænseværdier for ikke-farligt affald

De følgende grænseværdier gælder for granulært, ikke-farligt affald, der deponeres på samme deponeringsenhed som stabilt, ikke-reaktivt, farligt affald. Grænseværdierne er beregnet ved $L/S = 2$ og 10 l/kg for udvaskede stofmængder og direkte udtrykt i mg/l for C_0 (det første eluat fra en kolonneudvaskningstest ved $L/S = 0,1 \text{ l/kg}$). Granulært affald omfatter alt affald, som ikke er monolitisk. Medlemsstaterne afgør selv, hvilke af testmetoderne (jf. afsnit 3) og de tilsvarende grænseværdier i tabellen der skal anvendes.

Komponenter	$L/S = 2 \text{ l/kg}$	$L/S = 10 \text{ l/kg}$	C_0 (kolonneudvaskningstest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
As	0,4	2	0,3
Ba	30	100	20
Cd	0,6	1	0,3
Cr total	4	10	2,5
Cu	25	50	30
Hg	0,05	0,2	0,03
Mo	5	10	3,5
Ni	5	10	3
Pb	5	10	3
Sb	0,2	0,7	0,15
Se	0,3	0,5	0,2
Zn	25	50	15
Klorid	10 000	15 000	8 500

Komponenter	L/S = 2 l/kg	L/S = 10 l/kg	C ₀ (kolonmetest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
Fluorid	60	150	40
Sulfat	10 000	20 000	7 000
DOC (*)	380	800	250
TDS (**)	40 000	60 000	—

(*) Hvis affaldet ikke opfylder disse værdier for opløst organisk kulstof (DOC) i testen uden styring af pH, kan det som alternativ testes ved L/S = 10 l/kg og en fastholdt pH-værdi på mellem 7,5 og 8,0. Affaldet kan anses for at opfylde modtagelseskriterierne for DOC, hvis resultatet af denne prøve ikke overstiger 800 mg/kg (der findes en foreløbig testmetode, som bygger på prEN 14429.)

(**) Værdierne for TDS kan benyttes som alternativ til værdierne for sulfat og klorid.

Medlemsstaterne opstiller kriterier for monolitisk affald, som medfører samme grad af miljøbeskyttelse, som de ovenfor fastsatte grænseværdier giver.

2.2.3. Gipsaffald

Ikke-farlige, gipsbaserede materialer må kun deponeres på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald i deponeringsenheder, hvor der ikke anbringes bionedbrydeligt affald. Grænseværdierne for TOC og DOC under punkt 2.3.2 og 2.3.1 gælder for affald, der deponeres sammen med gipsbaserede materialer.

2.3. Kriterier for modtagelse af farligt affald på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald i overensstemmelse med artikel 6, litra c), nr. iii)

Ved stabilt og ikke-reaktivt forstås, at affaldets udvaskningsegenskaber ikke på længere sigt ændrer sig i uheldig retning under det forventede deponeringsforløb eller ved forudsigelige uheld:

- på grund af selve affaldet (f.eks. ved biologisk nedbrydning)
- under langtidspåvirkning fra omgivelserne (f.eks. vand, luft, temperatur, mekanisk påvirkning)
- på grund af påvirkning fra andet affald (herunder affaldsprodukter som perkolat og gas).

2.3.1. Grænseværdier for udvaskning

De følgende grænseværdier gælder for granulært, farligt affald, der modtages på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald. De er beregnet ved L/S = 2 og 10 l/kg for udvaskede stofmængder og direkte udtrykt i mg/l ved C₀ (det første eluat fra en kolonneudvaskningstest ved L/S = 0,1 l/kg). Granulært affald omfatter alt affald, som ikke er monolitisk. Medlemsstaterne afgør selv, hvilke af testmetoderne og de tilsvarende grænseværdier i tabellen der skal anvendes.

Komponenter	L/S = 2 l/kg	L/S = 10 l/kg	C ₀ (kolonmetest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
As	0,4	2	0,3
Ba	30	100	20
Cd	0,6	1	0,3
Cr total	4	10	2,5

Komponenter	L/S = 2 l/kg	L/S = 10 l/kg	C ₀ (kolonmetest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
Cu	25	50	30
Hg	0,05	0,2	0,03
Mo	5	10	3,5
Ni	5	10	3
Pb	5	10	3
Sb	0,2	0,7	0,15
Se	0,3	0,5	0,2
Zn	25	50	15
Klorid	10 000	15 000	8 500
Fluorid	60	150	40
Sulfat	10 000	20 000	7 000
DOC (*)	380	800	250
TDS (**)	40 000	60 000	—

(*) Hvis affaldet ikke opfylder disse værdier for opløst organisk kulstof (DOC) i testen uden styring af pH, kan det som alternativ testes ved L/S = 10 l/kg og en fastholdt pH-værdi på mellem 7,5 og 8,0. Affaldet anses for at opfylde modtagelseskriterierne for DOC, hvis resultatet af denne prøve ikke overstiger 800 mg/kg (der findes en foreløbig testmetode, som bygger på prEN 14429).

(**) TDS-værdierne kan benyttes som alternativ til værdierne for sulfat og klorid.

Medlemsstaterne opstiller kriterier for monolitisk affald, som medfører samme grad af miljøbeskyttelse, som de ovenfor fastsatte grænseværdier giver.

2.3.2. Andre kriterier

Foruden grænseværdierne for udvaskning i punkt 2.3.1 skal granulært affald opfylde følgende kriterier:

Parameter	Værdi
TOC (total organisk kulstof)	5 % (*)
pH	minimum 6
ANC (syreneutraliserende kapacitet)	skal vurderes

(*) Opnås denne værdi ikke, kan de kompetente myndigheder tillade en højere grænseværdi, forudsat der opnås en DOC-værdi på maksimalt 800 mg/kg ved L/S = 10 l/kg, enten ved affaldets egen pH eller ved en pH-værdi på mellem 7,5 og 8,0.

Medlemsstaterne opstiller kriterier, der sikrer, at affaldet har tilstrækkelig fysisk stabilitet og bæreevne.

Medlemsstaterne opstiller kriterier, der sikrer, at farligt monolitisk affald er stabilt og ikke-reaktivt, inden det anbringes på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald.

2.3.3. Asbestaffald

Asbestholdige byggematerialer og andet asbestaffald, som egner sig til det, kan deponeres på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald i overensstemmelse med artikel 6, litra c), nr. iii), i direktiv 1999/31/EF uden testing.

Deponeringsanlæg, der modtager asbestholdige byggematerialer og andet asbestaffald, skal opfylde følgende krav:

- Affaldet må ikke indeholde andre farlige stoffer end bundet asbest, herunder fibre, som er bundet af et bindemiddel eller indesluttet i plast.
- Deponeringsanlægget må kun modtage asbestholdige byggematerialer og andet asbestaffald, som egner sig til det. Dette affald kan også anbringes på en særskilt deponeringsenhed på et deponeringsanlæg til ikke-farligt affald, hvis deponeringsenheden er tilstrækkeligt adskilt fra de øvrige enheder.
- For at undgå spredning af fibre skal deponeringsområdet dagligt og før komprimering dækkes med et hensigtsmæssigt materiale, og affaldet skal regelmæssigt befugtes, hvis det ikke er indpakket.
- Der etableres en slutfodækning over deponeringsanlægget/-enheden for at undgå spredning af fibre.
- Arbejde på deponeringsanlægget/-enheden må ikke føre til frigivelse af fibre (f.eks. ved boring af huller).
- Efter afdækningen skal der opbevares en plan over deponeringsanlægget/-enheden, som viser, hvor asbestaffaldet er anbragt.
- Der skal træffes passende foranstaltninger for at begrænse eventuel udnyttelse af arealet efter deponeringsanlæggets afdækning for at undgå, at mennesker kommer i kontakt med affaldet.

For deponeringsanlæg, som kun modtager asbestholdige bygningsmaterialer, kan kravene i punkt 3.2 og 3.3 i bilag I til direktiv 1999/31/EF indskrænkes, hvis kravene ovenfor er opfyldt.

2.4. Kriterier for affald, der kan modtages på deponeringsanlæg til farligt affald

2.4.1. Grænseværdier for udvaskning

De følgende grænseværdier gælder for granulært, farligt affald, der modtages på deponeringsanlæg til farligt affald. De er beregnet ved $L/S = 2$ og 10 l/kg for udvaskede stofmængder og direkte udtrykt i mg/l ved C_0 (det første eluat fra en kolonneudvaskningstest ved $L/S = 0,1$ l/kg). Granulært affald omfatter alt affald, som ikke er monolitisk. Medlemsstaterne afgør selv, hvilke af testmetoderne og de tilsvarende grænseværdier i tabellen der skal anvendes.

Komponenter	$L/S = 2$ l/kg	$L/S = 10$ l/kg	C_0 (kolonnetest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
As	6	25	3
Ba	100	300	60
Cd	3	5	1,7
Cr total	25	70	15
Cu	50	100	60
Hg	0,5	2	0,3
Mo	20	30	10
Ni	20	40	12
Pb	25	50	15

Komponenter	L/S = 2 l/kg	L/S = 10 l/kg	C ₀ (kolonmetest)
	mg/kg tørstof	mg/kg tørstof	mg/l
Sb	2	5	1
Se	4	7	3
Zn	90	200	60
Klorid	17 000	25 000	15 000
Fluorid	200	500	120
Sulfat	25 000	50 000	17 000
DOC (*)	480	1 000	320
TDS (**)	70 000	100 000	—

(*) Hvis affaldet ikke opfylder disse værdier for opløst organisk stof (DOC) i testen uden styring af pH, kan det som alternativ testes ved L/S = 10 l/kg og en fastholdt pH-værdi på mellem 7,5 og 8,0. Affaldet kan anses for at opfylde modtagelseskriterierne for DOC, hvis resultatet af denne prøve ikke overstiger 1 000 mg/kg (der findes en foreløbig testmetode, som bygger på prEN 14429).

(**) TDS-værdierne (total opløst tørstof) kan benyttes som alternativ til værdierne for sulfat og klorid.

Medlemsstaterne opstiller kriterier for monolitisk affald, som medfører samme grad af miljøbeskyttelse, som de ovenfor fastsatte grænseværdier giver.

2.4.2. Andre kriterier

Foruden grænseværdierne for udvaskning under punkt 2.4.1 skal farligt affald opfylde følgende kriterier:

Parameter	Værdier
LOI (Glødetab) (*)	10 %
TOC (Total organisk kulstof) (*)	6 % (**)
ANC (Syreneutraliserende kapacitet)	skal vurderes

(*) Enten glødetab eller TOC skal benyttes.

(**) Opnås denne værdi ikke, kan de kompetente myndigheder tillade en højere grænseværdi, forudsat der opnås en værdi for DOC på maksimalt 1 000 mg/kg ved L/S = 10 l/kg, enten ved affaldets egen pH eller ved en pH-værdi mellem 7,5 og 8,0.

2.5. Kriterier for underjordisk deponering

For at affald kan anbringes i underjordiske deponeringsanlæg, skal der foretages en lokalitetsbestemt sikkerhedsvurdering som den, der beskrives i appendix A til dette dokument. Affaldet kan kun modtages, hvis den lokalitetsbestemte sikkerhedsvurdering tillader det.

I underjordiske deponeringsanlæg til inert affald kan der kun modtages affald, som opfylder kriterierne i afsnit 2.1.

I underjordiske deponeringsanlæg til ikke-farligt affald kan der kun modtages affald, som opfylder kriterierne i afsnit 2.2 eller afsnit 2.3.

I underjordiske deponeringsanlæg til farligt affald kan affaldet kun modtages, hvis den lokalitetsbestemte sikkerhedsvurdering tillader det. I så fald gælder kriterierne i punkt 2.4 ikke. Affaldet skal dog underkastes den i afsnit 1 beskrevne modtagelsesprocedure.

3. PRØVEUDTAGNINGS- OG TESTMETODER

Prøveudtagning og testning med henblik på grundlæggende karakterisering og overensstemmelsestestning skal foretages af uafhængige, kvalificerede personer og institutioner. Laboratorier skal kunne godtgøre, at de har erfaring med testning og analysering af affald og er i besiddelse af et effektivt kvalitetssikringsystem.

Medlemsstaterne vil kunne beslutte:

1. at prøveudtagningen kan foretages af affaldsproducenter eller -operatører, forudsat at tilstrækkelig overvågning foretaget af uafhængige, kvalificerede personer eller institutioner sikrer, at målene i denne beslutning nås
2. at testningen af affald vil kunne udføres af affaldsproducenter eller -operatører, hvis de har udarbejdet et hensigtsmæssigt kvalitetssikringsystem omfattende regelmæssig uafhængig kontrol.

Indtil der foreligger en CEN-standard som officiel EN, kan medlemsstaterne benytte enten nationale standarder eller procedurer eller den tilsvarende CEN-standard under udarbejdelse, når den har fået prEN-status.

Der benyttes følgende metoder:

Prøveudtagning

Til prøveudtagning af affald — med henblik på den grundlæggende karakterisering og på overensstemmelsestestning og kontrol på stedet — udarbejdes en prøveudtagningsplan i overensstemmelse med del 1 i den prøveudtagningsstandard, som CEN er i færd med at udarbejde.

Affaldets generelle egenskaber

EN 13137	Bestemmelse af TOC i affald, slam og sedimenter
prEN 14346	Beregning af tørstof ved bestemmelse af tørstofrest eller vandindhold

Udvaskningstester

prEN 14405	Testning af udvaskningsegenskaber — Kolonneudvaskningstest i up-flow (perkolationstest i up-flow for uorganiske komponenter)
EN 12457/1-4	Stofudvaskning — Overensstemmelsestest til undersøgelse af stofudvaskning fra granulære affaldsmaterialer og slam
	Del 1: $L/S = 2$ l/kg, partikelstørrelse < 4 mm
	Del 2: $L/S = 10$ l/kg, partikelstørrelse < 4 mm
	Del 3: $L/S = 2$ og 8 l/kg, partikelstørrelse < 4 mm
	Del 4: $L/S = 10$ l/kg, partikelstørrelse < 10 mm

Oplukning af fast affald

EN 13657	Oplukning med kongevand for bestemmelse af de herved opløselige grundstoffer (delvis oplukning af fast affald forud for elementæranalyse, således at silikatmatricen forbliver intakt)
EN 13656	Oplukning med en blanding af flussyre (HF), salpetersyre (HNO ₃) og saltsyre (HCl) til efterfølgende bestemmelse af de herved opløselige grundstoffer under anvendelse af mikrobølgeovn (fuldstændig oplukning af fast affald forud for elementæranalyse)

Analyse

ENV 12506	Kemisk analyse af eluater — Bestemmelse af pH, As, Ba, Cd, Cl, Co, Cr, CrVI, Cu, Mo, Ni, NO ₂ -, Pb, total S, SO ₄ -, V og Zn (analyse af uorganiske komponenter i fast affald og/eller eluat herfra: hoved-, bi- og sporelementer)
ENV 13370	Kemisk analyse af eluater - Bestemmelse af ammonium, AOX, ledningsevne, Hg, fenolindeks, TOC, let frigørlig CN, F (analyse af uorganiske komponenter i fast affald og/eller eluat herfra: anioner)
prEN 14039	Bestemmelse af kulbrinteindholdet i området C10-C40 ved gaskromatografi.

Denne liste vil blive opdateret, når der foreligger flere CEN-standarder.

De metoder, der benyttes til testning og analysering, men som (endnu) ikke foreligger som CEN-metoder, skal godkendes af de kompetente myndigheder.

*Appendix A***SIKKERHEDSVURDERING MED HENBLIK PÅ MODTAGELSE AF AFFALD I UNDERJORDISKE DEPONERINGSANLÆG****1. SIKKERHEDSFILOSOFI BAG UNDERJORDISK DEPONERING: ALLE TYPER****1.1. Den geologiske barrieres betydning**

Hovedformålet med at slutdeponere affald i underjordiske deponeringsanlæg er at isolere det fra biosfæren. Affaldet, den geologiske barriere og de underjordiske hulrum, herunder eventuelle konstruktioner, udgør et system, der sammen med alle andre tekniske aspekter skal opfylde de dertil svarende krav.

Kravene i vandrammedirektivet (2000/60/EF) kan kun opfyldes, hvis anlæggets sikkerhed på lang sigt (jf. punkt 1.2.7) godtgøres. Ifølge artikel 11, stk. 3, litra j), i direktiv 2000/60/EF er direkte udledning af forurenende stoffer i grundvandet i almindelighed forbudt. Artikel 4, stk. 1, litra b), nr. i), i direktiv 2000/60/EF pålægger medlemsstaterne at træffe foranstaltninger for at forebygge forringelse af alle grundvandsforekomsters tilstand.

1.2. Lokalitetsbestemt risikovurdering

En risikovurdering kræver bestemmelse af:

- risikokilden (i dette tilfælde det deponerede affald)
- recipienterne (i dette tilfælde biosfæren og eventuelt også grundvandet)
- mulighederne for, at stoffer fra affaldet kan trænge ud i biosfæren
- vurdering af virkningerne af stoffer, som kan trænge ud i biosfæren.

Kriterierne for modtagelse til underjordisk deponering skal bl.a. bygge på en analyse af den anvendte undergrund, og det skal derfor godtgøres, at ingen af de lokalitetsbestemte betingelser i bilag I i direktiv 1999/31/EF om deponering af affald (med undtagelse af bilag I, punkt 2, 3, 4 og 5) er relevante.

Kriterierne for modtagelse til underjordisk deponering kan kun opstilles under henvisning til de lokale forhold. Det kræver en påvisning af, at de pågældende geologiske lag egner sig til etablering af et deponeringsanlæg, dvs. en vurdering af risikoen ved indslutning under hensyntagen til hele sammenhængen mellem affald, etablerede konstruktioner, underjordiske hulrum og undergrunden i området.

Lokalitetsbestemt risikovurdering af anlægget skal foretages både før og efter brugen. På grundlag af disse vurderinger kan de nødvendige kontrol- og sikkerhedsforanstaltninger opstilles, og modtagelseskriterierne udarbejdes.

Der skal udarbejdes en integreret præstationsvurderingsanalyse, som omfatter følgende elementer:

1. en geologisk vurdering
2. en geomekanisk vurdering
3. en hydrogeologisk vurdering
4. en geokemisk vurdering
5. en vurdering af påvirkningen af biosfæren
6. en vurdering af driftsfasen
7. en langtidsvurdering
8. en vurdering af påvirkningen fra samtlige overfladeanlæg på stedet.

1.2.1. Geologisk vurdering

En grundig undersøgelse af stedets geologiske forhold eller et indgående kendskab til dem er påkrævet. Det omfatter undersøgelser og analyser af bjergarter, jordbund og topografi. Den geologiske vurdering skal godtgøre, at stedet egner sig til underjordisk deponering. Forekomsten af forskydninger eller brud i de omgivende geologiske lag, deres placering og struktur, den hyppighed, hvormed de optræder, og eventuel seismisk aktivitets påvirkning af disse strukturer skal medtages. Alternative lokaliseringssteder bør tages i betragtning.

1.2.2. Geomekanisk vurdering

De underjordiske hulrums stabilitet skal påvises ved formålstjenlige undersøgelser og forudberegninger. Det deponderede affald skal indgå i denne vurdering. Processerne skal analyseres og dokumenteres systematisk.

Følgende skal kunne godtgøres:

1. at der i, under og efter hulrummenes dannelse hverken kan forventes større ændringer af hulrummene selv eller af jordoverfladen, som kan forringe det underjordiske deponeringsanlægs anvendelsesmuligheder eller skabe adgang til biosfæren
2. at hulrummets bæreevne er tilstrækkelig stor til at forhindre, at det bryder sammen under brugen
3. at det deponderede materiale er tilstrækkeligt stabilt til at kunne forliges med den anvendte undergrunds geomekaniske egenskaber.

1.2.3. Hydrogeologisk vurdering

Der kræves en grundig undersøgelse af de hydrauliske egenskaber for at bedømme grundvandets strømningsmønstre i de omgivende lag ud fra oplysninger om undergrundens vandføringsevne, om brud og hydrauliske tryk-linjer.

1.2.4. Geokemisk vurdering

Der kræves en grundig undersøgelse af undergrundens og grundvandets sammensætning for at kunne vurdere den foreliggende grundvandskvalitet og dens mulige udvikling i tidens løb, forekomsten af sprækkedannende lag og deres art samt en kvantitativ mineralogisk beskrivelse af den anvendte undergrund. Det bør vurderes, hvilken indflydelse variabilitet har på det geokemiske system.

1.2.5. Vurdering af påvirkning af biosfæren

Der skal foretages en undersøgelse af den biosfære, der kan blive påvirket af den underjordiske deponering. Der skal foretages en grundlæggende forundersøgelse for at bestemme naturlige baggrunds niveauer af relevante stoffer på stedet.

1.2.6. Vurdering af driftsfasen

Med henblik på driftsfasen skal analysen påvise følgende:

1. de underjordiske hulrums stabilitet som i punkt 1.2.2
2. at der ikke er nogen uacceptabel risiko for, at der opstår forbindelse mellem affaldet og biosfæren
3. at der ikke er uacceptable risici forbundet med driften af anlægget.

Når driftssikkerheden skal påvises, skal der foretages en systematisk analyse af anlæggets brug på grundlag af særlige oplysninger om affaldstyperne, anlæggets drift og dets driftsplan. Det skal godtgøres, at affaldet ikke indgår kemiske eller fysiske forbindelser med undergrunden, som kan forringe dens styrke og fasthed og bringe selve depotet i fare. Foruden affald, som er forbudt ifølge artikel 5, stk. 3, i direktiv 1999/31/EF bør affald, der kan selvantænde under de gældende deponeringsbetingelser (temperatur, fugtighed), gasholdige produkter, flygtige affaldsstoffer og affald, som skyldes indsamling af uidentificerede blandinger, derfor ikke modtages.

Særlige tilfælde, der kan føre til, at der opstår forbindelse mellem affaldet og biosfæren i driftsfasen, bør påvises. De forskellige typer af potentielle driftsrisici bør opstilles i særlige kategorier. Deres mulige virkninger bør vurderes. Det bør godtgøres, at der ikke er nogen uacceptabel risiko for, at indeslutningen brydes. Der bør træffes beredskabsforanstaltninger.

1.2.7. Langtidsvurdering

For at målsætningerne for bæredygtig affaldsdeponering kan opfyldes, bør risikovurderingen være langsigtet. Det skal sikres, at der ikke på lang sigt efter brugen af det underjordiske deponeringsanlæg opstår adgang til biosfæren.

Det underjordiske deponeringsanlægs barrierer (f.eks. affaldets egenskaber, etablerede konstruktioner, opfyldning og forsegling af skakter og borehuller), den anvendte undergrunds modstandsdygtighed samt de omgivende og overliggende geologiske lag bør underkastes en langsigtet kvantitetsvurdering ud fra lokalitetsbestemte data eller tilstrækkeligt forsigtige beregninger. De geomekaniske og geohydrologiske forhold som grundvandsstrømninger (jf. punkt 1.2.3 og 1.2.4), barrierernes effektivitet, den naturlige fortynding og udvaskningen fra det deponerede affald bør tages i betragtning.

Et underjordisk deponeringsanlægs sikkerhed på længere sigt bør godtgøres ved hjælp af en sikkerhedsvurdering, der omfatter en beskrivelse af udgangssituationen på et bestemt tidspunkt (f.eks. lukningstidspunktet), fulgt af et scenario, der gør rede for vigtige ændringer, som kan forventes i et geologisk forløb. Endelig bør følgerne af udslip af relevante stoffer fra det underjordiske deponeringsanlæg bedømmes for forskellige scenarier, der afspejler biosfærens, geosfærens og det underjordiske deponeringsanlægs mulige udvikling på længere sigt.

På grund af den begrænsede levetid skal forsegling af beholdere og hulrum ikke medregnes, når langtidsrisikoen ved affaldsdeponering skal vurderes.

1.2.8. Vurdering af påvirkningen fra overjordiske modtagelsesanlæg

Selv om det affald, der modtages på stedet, er bestemt til underjordisk deponering, bliver det aflæsset, prøvet og muligvis også opbevaret over jorden, før det når sit endelige bestemmelsessted. Modtagelsesanlæggene skal være indrettet og drives sådan, at sundhedsskader og skader på det omgivende miljø undgås. De skal opfylde de samme krav som alle andre affaldsmodtagelsesanlæg.

1.2.9. Vurdering af andre risici

For at beskytte arbejdstagerne bør affaldsdeponering kun foregå i underjordiske deponeringsanlæg, som holdes sikkert adskilt fra minedriftsaktiviteter. Affald bør ikke modtages, hvis det indeholder eller kan være årsag til dannelse af farlige stoffer, som er sundhedsskadelige, f.eks. mikroorganismer, der kan fremkalde smitsomme sygdomme.

2. KRITERIER FOR MODTAGELSE TIL UNDERJORDISK DEPONERING: ALLE TYPER

2.1. Udelukket affald

I overensstemmelse med punkt 1.2.1-1.2.8 må affald, der kan undergå uønskede fysiske, kemiske eller biologiske ændringer, efter det er blevet deponeret, ikke anbringes i et underjordisk deponeringsanlæg. Det omfatter følgende affaldstyper:

- a) Affaldet i artikel 5, stk. 3, i direktiv 1999/31/EF.
- b) Affald, herunder de beholdere affaldet er anbragt i, som kan reagere med vand eller med den anvendte undergrund og føre til:
 - ændring af volumen
 - dannelse af selvantændelige, giftige eller eksplosive stoffer eller gasser
 - reaktioner, der kan bringe brugssikkerheden og/eller barrierernes integritet i fare.

Affaldstyper, der kan reagere med hinanden, skal identificeres og klassificeres i grupper, der passer sammen; ved deponeringen skal de forskellige grupper holdes fysisk adskilte.
- c) Affald, som er bionedbrydeligt.
- d) Affald, som har en gennemtrængende lugt.
- e) Affald, der kan danne en gas-/luftblanding, som er giftig eller eksplosiv. Det gælder især affald, der:
 - skaber giftige gaskoncentrationer på grund af komponenternes deltryk
 - ved mætning i en beholder danner koncentrationer, som er stærkere end 10 % af den koncentration, der svarer til den nedre eksplosionsgrænse.
- f) Affald, hvis stabilitet ikke er tilstrækkelig til at stemme overens med de geomekaniske forhold.
- g) Affald, som kan selvantænde under deponeringen, gasholdige produkter, flygtige affaldsstoffer og affald, der skyldes indsamling af uidentificerede blandinger af affald.
- h) Affald, som indeholder eller kan frembringe mikroorganismer, der kan fremkalde smitsomme sygdomme (alle-rede medtaget i direktivets artikel 5, stk. 3, litra c), i direktiv 1999/31/EF).

2.2. Lister over affald, der egner sig til underjordisk deponering

Inert affald, farligt og ikke-farligt affald, som ikke er udelukket ifølge punkt 2.1 og 2.2, kan være egnet til underjordisk deponering.

Medlemsstaterne kan udarbejde lister over affald, der kan anbringes i underjordiske deponeringsanlæg i de kategorier, som angives i artikel 4 i direktiv 1999/31/EF.

2.3. Lokalitetsbestemt risikovurdering

Modtagelse af affald på en bestemt lokalitet forudsætter en lokalitetsbestemt risikovurdering.

De lokalitetsbestemte vurderinger, der beskrives i punkt 1.2 for affald, som skal anbringes i et underjordisk deponeringsanlæg, skal godtgøre, at muligheden for at isolere affaldet fra biosfæren er acceptabel. Dette kriterium skal opfyldes under deponeringen.

2.4. Modtagelsesbetingelser

Affald må kun deponeres i underjordiske deponeringsanlæg, som holdes sikkert adskilt fra minedriftsaktiviteter.

Affaldstyper, der kan reagere med hinanden, skal identificeres og klassificeres i grupper, der passer sammen; ved deponeringen skal de forskellige grupper holdes fysisk adskilte.

3. ANDRE HENSYN: SALTMINER

3.1. Den geologiske barrieres betydning

I sikkerhedsmønsteret for saltminer spiller den undergrund, der omgiver affaldet, en dobbelt rolle:

- Den udgør det undergrundslag, som affaldet indeslutes i.
- Sammen med de over- og underliggende impermeable geologiske lag (f.eks. anhydrit) udgør den en geologisk barriere, der skal forhindre grundvand i at trænge ind i deponeringsanlægget og i givet fald effektivt forhindre væsker eller gasser i at trænge ud af det. Hvis denne geologiske barriere er gennembrudt af skakter og borehuller, skal de forsegles under anlæggets brug for at sikre det mod indtrængen af vand, og de skal lukkes hermetisk, når det underjordiske anlæg tages ud af brug. Hvis mineraludvindingen fortsætter i længere tid end affaldsdeponeringen, skal deponeringsområdet, når anlægget ikke længere bruges, forsegles med en vandtæt dæmning, der anlægges efter det beregnede vandtryk, som svarer til dybden, så vand, der siver ind i den stadig aktive mine, ikke kan trænge ind i deponeringsområdet.
- I saltminer anses saltet for at give total indeslutning. Affaldet kommer kun i kontakt med biosfæren ved et uheld eller ved geologiske foreteelser som bevægelse i jordskorpen eller erosion (f.eks. ved en stigning af havoverfladen). Det er ikke sandsynligt, at affaldet ændrer sig under deponeringen, men følgerne af sådanne svigtscenarier må tages i betragtning.

3.2. Langtidsvurdering

Påvisning af langtidssikkerheden ved underjordisk deponering i en saltforekomst går i første række ud på at beskrive saltlaget som barriere. Saltforekomster opfylder kravene ved at være uigennemtrængelige for gasser og væsker, ved at kunne omslutte affaldet i kraft af saltets medvirken og indeslutte det helt ved omdannelsesprocessens afslutning.

Saltlagets medvirken er således ikke i modstrid med kravene om stabile hulrum i brugsfasen. Stabiliteten er vigtig af hensyn til sikkerheden under brugen og for at bevare den geologiske barrieres integritet i ubegrænset tid, så biosfæren stadig er beskyttet. Affaldet skal være permanent isoleret fra biosfæren. Behersket nedsynkning af de overliggende lag eller andre fejl, som opstår over længere tid, kan kun accepteres, hvis det kan påvises, at der kun sker brudfri ændringer, at den geologiske barrieres integritet bevares, og at der ikke opstår passager, hvorigennem vand kan komme i berøring med affaldet, eller at affald eller affaldskomponenter ikke kan trænge ud i biosfæren.

4. ANDRE HENSYN: GRUNDFJELDET

Ved dyb deponering i grundfjeldet forstås her underjordisk deponering i flere hundrede meters dybde, hvor undergrunden består af forskellige vulkanske bjergarter, f.eks. granit og gneis, men også kan indeholde sedimentter som f.eks. kalk- og sandsten.

4.1. Sikkerhedsmønster

Deponering i undergrunden er en anvendelig udvej for at undgå at lægge ansvaret for affaldet over på fremtidige generationer, da depotet skal anlægges, så det er passivt og ikke kræver vedligeholdelse. Desuden bør anlægget ikke hindre genvinding af affaldet eller muligheden for at foretage fremtidige forbedringer. Det skal også kunne sikre, at negative miljøpåvirkninger eller følgerne af de nuværende generationers aktiviteter ikke giver fremtidige generationer problemer.

Hovedtanken i sikkerhedsmønsteret for underjordisk affaldsdeponering er at isolere affaldet fra biosfæren og ad naturlig vej fortynde udsivningen af forurenende stoffer fra affaldet. For bestemte typer farlige stoffer og farligt affalds vedkommende har det vist sig nødvendigt at beskytte samfundet og miljøet mod at blive udsat for affaldet i langvarige tidsrum. Et langvarigt tidsrum spænder over flere tusinde år. En sådan beskyttelse kan opnås ved deponering i grundfjeldet. Et affaldsdeponeringsanlæg i grundfjeldet kan anbringes enten i en tidligere mine, hvor minedriften er ophørt, eller være et nyt deponeringsanlæg.

Ved deponering i grundfjeldet er total indeslutning ikke mulig. Det underjordiske deponeringsanlæg skal i dette tilfælde anlægges, så den naturlige tilbageholdelse, der sker i de omgivende lag, reducerer de forurenende stoffers effekt i en sådan grad, at den ikke får uoprettelige negative følger for miljøet. Det betyder, at omgivelsernes evne til at fortynde og nedbryde forurenende stoffer er bestemmende for, om udslip fra et sådant anlæg kan accepteres.

Kravene i EU's vandrammedirektiv (2000/60/EF) kan kun opfyldes, hvis anlæggets sikkerhed på langt sigt godtgøres (jf. punkt 1.2.7). Et deponeringsanlæg i grundfjeldet skal vurderes som et helt system, hvor der tages hensyn til samvirket mellem systemets forskellige dele. Et deponeringsanlæg i grundfjeldet ligger dybt under grundvandspejlet. Vandrammedirektivets artikel 11, stk. 3, litra j), indeholder et almindeligt forbud mod direkte udledning af forurenende stoffer i grundvandet. Direktivets artikel 4, stk. 1, litra b), nr. i), pålægger medlemsstaterne at træffe foranstaltninger for at forebygge forringelse af alle grundvandsforekomsters tilstand. Når det gælder deponeringsanlæg i grundfjeldet er dette krav opfyldt i og med, at udledninger af farlige stoffer fra depotet hverken når biosfæren eller de øverste dele af grundvandssystemet, som er tilgængelige for udledningen, i et omfang eller i koncentrationer, der får skadelige virkninger. Derfor skal vandstrømningerne til og i biosfæren vurderes. Virkningerne af ændringer på det geohydrauliske system skal bedømmes.

Ved deponering i grundfjeldet kan der opstå gasarter på grund af den langvarige nedbrydning af affald, emballeringsmaterialer og konstruktioner. Det skal derfor tages i betragtning ved anlæggelse af deponeringsfaciliteter i grundfjeldet.

Appendix B

OVERSIGT OVER MULIGHEDERNE FOR AFFALDSDEPONERING EFTER DIREKTIV 1999/31/EF

Indledning

Figur 1 giver en oversigt over mulighederne for affaldsdeponering i henhold til direktiv 1999/31/EF om deponering af affald samt nogle eksempler på underinddeling af affaldsdeponeringsanlæggenes hovedkategorier. Udgangspunktet (øverst i venstre hjørne) er affald, som ønskes bortskaffet på et deponeringsanlæg. Ifølge artikel 6, litra a), i nævnte direktiv skal de fleste affaldstyper underkastes behandling inden deponeringen. Definitionen af »behandling« er i almindelighed ret bred og overlades i vid udstrækning til de kompetente myndigheder i medlemsstaterne. Det antages, at affaldet ikke hører til nogen af de typer, der nævnes i direktivets artikel 5, stk. 3.

Deponering af inert affald

Det første spørgsmål, man kunne stille, kan være, om affaldet skal klassificeres som farligt. Hvis affaldet ikke er farligt (ifølge direktivet om farligt affald (91/689/EØF) og den gældende affaldsliste), kan det næste spørgsmål være, om affaldet er inert. Hvis affaldet opfylder kriterierne for affald, der skal deponeres på et anlæg til inert affald (kategori A, se figur 1 og tabel 1), kan det anbringes på et deponeringsanlæg til inert affald.

Inert affald kan som alternativ anbringes på et deponeringsanlæg til ikke-farligt affald, forudsat det opfylder de relevante kriterier (hvad det i almindelighed skulle gøre).

Deponeringsanlæg til ikke-farligt affald med underkategorier

Hvis affaldet hverken er farligt eller inert, må det være ikke-farligt og skal anbringes på et deponeringsanlæg til ikke-farligt affald. Medlemsstaterne kan opstille underkategorier for deponeringsanlæg til ikke-farligt affald i overensstemmelse med deres egne affaldsforvaltningsstrategier, så længe kravene i direktiv 1999/31/EF opfyldes. Figur 1 viser tre vigtige underkategorier af deponeringsanlæg til ikke-farligt affald: deponeringsanlæg til uorganisk affald med ringe indhold af organiske/bionedbrydelige stoffer (B1), deponeringsanlæg til organisk affald (B2) og deponeringsanlæg til blandet ikke-farligt affald med betydeligt indhold af både organiske/bionedbrydelige og uorganiske stoffer. Kategori B1-anlæg kan yderligere inddeles i anlæg til affald, der ikke opfylder kriterierne i punkt 2.2.2 for uorganisk, ikke-farligt affald, der kan anbringes sammen med stabilt, ikke-reaktivt affald (B1a), og anlæg for affald, der opfylder disse kriterier (B1b). Kategori B2-anlæg vil f.eks. yderligere kunne underinddeles i bioreaktoranlæg og anlæg til mindre reaktivt, biologisk behandlet affald. Nogle medlemsstater kan ønske at inddele deponeringsanlæg til ikke-farligt affald yderligere, og specialanlæg til monodeponering og anlæg til deponering af solidificeret/monolitisk affald kan defineres inden for hver underkategori (jf. fodnoten under tabel 1). Medlemsstaterne kan opstille nationale modtagelseskriterier for at sikre en hensigtsmæssig fordeling af ikke-farligt affald på de forskellige underkategorier af deponeringsanlæg. Hvis der ikke er noget ønske om at underindele deponeringsanlæggene til ikke-farligt affald, kan alt ikke-farligt affald (naturligvis under hensyntagen til artikel 3 og 5 i direktiv 1999/31/EF) anbringes på deponeringsanlæg til blandet, ikke-farligt affald (kategori B3).

Deponering af stabilt, ikke-reaktivt farligt affald på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald

Selv om affaldet er farligt (ifølge direktiv 91/689/EØF og den gældende affaldsliste), kan det ved behandling være bragt til at opfylde kriterierne for deponering af stabilt, ikke-reaktivt farligt affald på deponeringsanlæg til ikke-farligt affald, hvor det anbringes i deponeringsenheder til uorganisk affald med ringe organisk/bionedbrydeligt indhold, som opfylder kriterierne i punkt 2.2.2 (kategori B1b). Affaldet kan være granulært (gjort kemisk stabilt) eller solidificeret/monolitisk.

Deponeringsanlæg til farligt affald

Hvis det farlige affald ikke opfylder kriterierne for anbringelse på et deponeringsanlæg eller en deponeringsenhed i kategori B1b til ikke-farligt affald, kunne det næste spørgsmål være, om det opfylder kriterierne for modtagelse på et deponeringsanlæg til farligt affald (kategori C). Hvis kriterierne er opfyldt, kan affaldet anbringes på et deponeringsanlæg til farligt affald.

Hvis kriterierne for modtagelse på et deponeringsanlæg til farligt affald ikke er opfyldt, kan affaldet underkastes yderligere behandling og efterfølgende testning, indtil kriterierne er opfyldt.

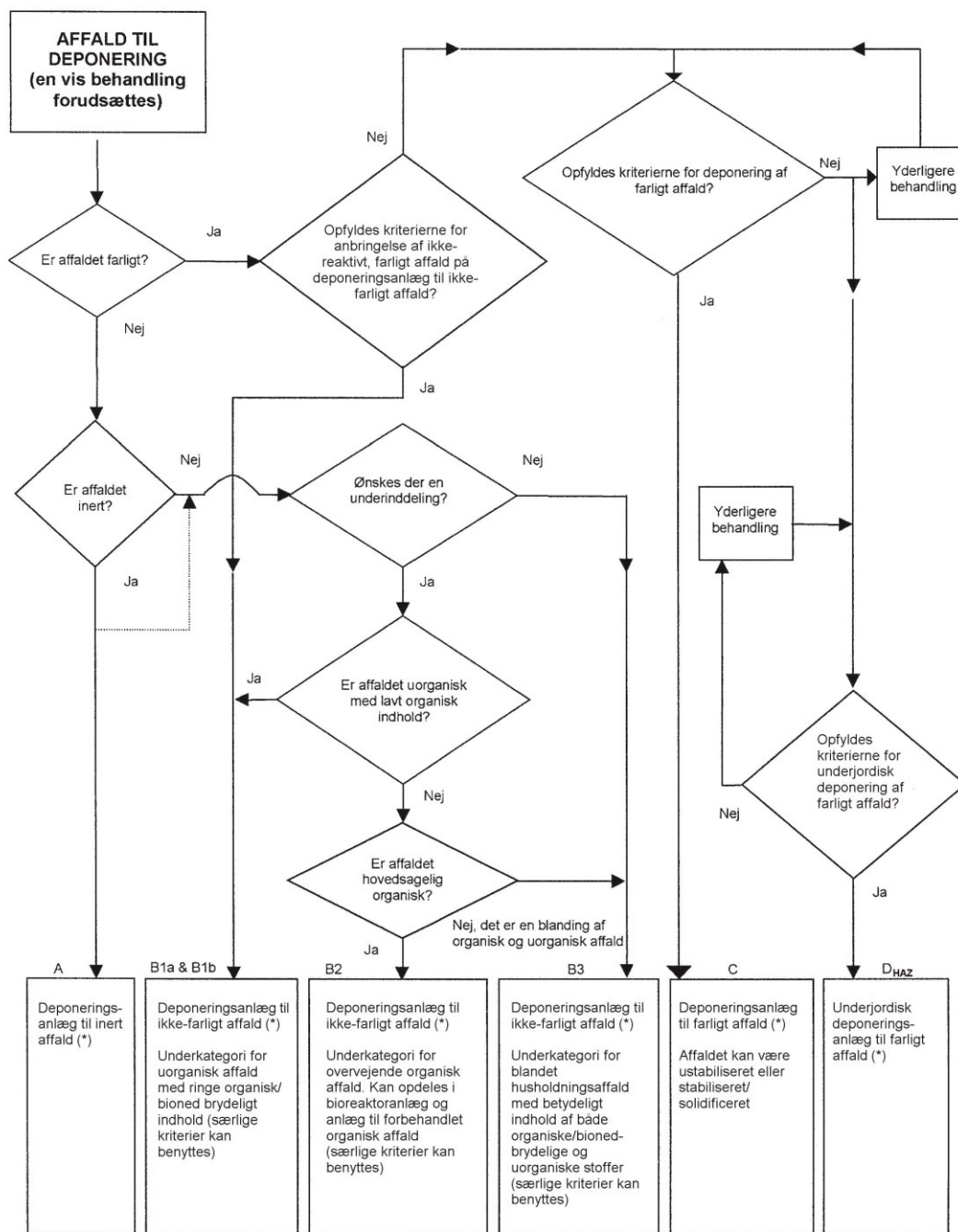
Underjordisk deponering

Affaldet kan som alternativ testes mod kriterierne for underjordisk deponering. Hvis kriterierne er opfyldt, kan affaldet anbringes på et underjordisk deponeringsanlæg til farligt affald (kategori D_{HAZ}). Hvis kriterierne for underjordisk deponering ikke er opfyldt, kan affaldet underkastes yderligere behandling og testes igen.

Selv om underjordisk deponering sandsynligvis vil være forbeholdt bestemte typer farligt affald, kan denne underkategori i princippet også benyttes til inert affald (kategori D_{INERT}) og ikke-farligt affald (kategori $D_{NON-HAZ}$).

Figur 1

Diagram over mulighederne for affaldsdeponering ifølge direktiv 1999/31/EF om deponering af affald



(*) I princippet kan inert og ikke-farligt affald også opbevares underjordisk.

Tabel 1

Oversigt over kategorier af deponeringsanlæg med eksempler på underkategorier			
Kategorier af deponeringsanlæg	De vigtigste underkategorier (underjordiske deponeringsanlæg, specialanlæg og anlæg til solidificeret affald, monolitisk (*) affald er mulige i alle deponeringsanlægskategorier)	ID	Modtagelseskriterier
Deponeringsanlæg til inert affald	Deponeringsanlæg, som modtager inert affald	A	Kriterier for udvaskning og for indhold af organiske bestanddele er fastsat på EU-plan (punkt 2.1.2). Kriterier for indhold af uorganiske bestanddele kan fastsættes af MS
Deponeringsanlæg til ikke-farligt affald	Deponeringsanlæg til uorganisk ikke-farligt affald med ringe indhold af organiske/bionedbrydelige stoffer, hvor affaldet ikke opfylder kriterierne i punkt 2.2.2 for uorganisk, ikke-farligt affald, som kan deponeres sammen med stabilt, ikke-reaktivt farligt affald	B1a	Kriterier for udvaskning og faststof-indhold er ikke fastsat på EU-plan
	Deponeringsanlæg til uorganisk, ikke-farligt affald med ringe indhold af uorganiske/bionedbrydelige stoffer	B1b	Kriterier for udvaskning, indhold af organiske stoffer (TOC) og andre egenskaber er fastsat på EU-plan og er fælles for granulært, ikke-farligt affald og for stabilt, ikke-reaktivt farligt affald (punkt 2.2). Yderligere stabilitetskriterier for den sidste type fastsættes af MS. Kriterier for monolitisk affald skal fastsættes af MS
	Deponeringsanlæg til organisk, ikke-farligt affald	B2	Kriterier for udvaskning og faststof-indhold er ikke fastsat på EU-plan
	Deponeringsanlæg til blandet ikke-farligt affald med betydeligt indhold af både organiske/bionedbrydelige stoffer og uorganiske stoffer	B3	Kriterier for udvaskning og faststof-indhold er ikke fastsat på EU-plan
Deponeringsanlæg til farligt affald	Overfladeponeringsanlæg til farligt affald	C	Kriterier for udvaskning for granulært farligt affald og faststof-indhold af bestemte bestanddele er fastsat på EU-plan (punkt 2.4). Kriterier for monolitisk affald skal fastsættes af MS. Yderligere kriterier for indhold af forurenende stoffer kan fastsættes af MS
	Underjordiske deponeringsanlæg	D _{HAZ}	Særlige krav på EU-plan er opført i appendix A

(*) Underkategorier for monolitisk affald er kun relevante for B1, C og D_{HAZ} og muligvis for A.
MS = Medlemsstaterne.

Bilag C Dioxiner og furaner analyser

RGS 90 WATECH
Mr. Erik Rasmussen
Selinevej 4
DK-2300 Copenhagen S
DANMARK



ANALYTICAL REPORT IACo605353

Number of samples: 8
Kind of sample: fly ashes; salt solutions
Identification of the sample: No.1: SD-FGW-IN T3; No.2: SD-FGW-OUT T3
No.4: SD-HMP T3; No.5: WET-FGW-IN T3
No.6: WET-FGW-OUT T3; No.8: WET-HMP T3
No.3: SD-SW-POL T3; No.7: WET-SW-POL T3
Date of receipt: 30/05/2006
Start date of analysis: 12/06/2006
Asked analysis: dioxins

Analytical results:

Fly ashes
2,3,7,8-substituted PCDF's & PCDD's (ng-WHO TEQ/kg) : see p. 2-7/12
(HRGC/HRMS ; ECO/AV/IAC/o14)
Salt solutions
2,3,7,8-substituted PCDF's & PCDD's (ng-WHO TEQ/kg) : see p. 8-9/12
(HRGC/HRMS ; ECO/AV/IAC/o13)
Recoveries extraction standards : see p. 10-12/12

Remarks: The results of the congeners marked with (*) are out of range of linearity.

ANTWERP, 21/06/2006
I.A.C.
A Division of SGS Belgium NV
Marc Van Ryckeghem
Division Manager

Reports are established on behalf of and for the account of the principal, who expressly accepts that these reports purely represent the situation at a given time and that they must always be presented and/or mentioned in their totality and in their particular context. SGS Belgium N.V., issuer of the reports, cannot be held liable for errors or modification of results during electronic or fax transmission. Only the originally signed report is binding.
The analytical report can only be used within the specific context of the order and is only valid for the samples analysed.

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
Your reference: sample		No. 1 SD-FGW-IN T3	
Compound name	Concentration (ng/kg d.w.)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg d.w.)
2,3,7,8-TCDF	190	0,1	19
2,3,7,8-TCDD	48	1	48
1,2,3,7,8-PeCDF	320	0,05	16
2,3,4,7,8-PeCDF	460	0,5	230
1,2,3,7,8-PeCDD	220	0,5	110
1,2,3,4,7,8-HxCDF	530	0,1	53
1,2,3,6,7,8-HxCDF	570	0,1	57
2,3,4,6,7,8-HxCDF	680	0,1	68
1,2,3,7,8,9-HxCDF	41	0,1	4.1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	280	0,1	28
1,2,3,6,7,8-HxCDD	630	0,1	63
1,2,3,7,8,9-HxCDD	420	0,1	42
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2100	0,01	21
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	240	0,01	2.4
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	4300	0,01	43
OCDF	720	0,001	0.72
OCDD	7000	0,001	7.0
total			810
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
Your reference: sample		No. 2 SD-FGW-OUT T3	
Compound name	Concentration (ng/kg d.w.)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg d.w.)
2,3,7,8-TCDF	400	0,1	40
2,3,7,8-TCDD	86	1	86
1,2,3,7,8-PeCDF	570	0,05	29
2,3,4,7,8-PeCDF (*)	960	0,5	480
1,2,3,7,8-PeCDD	370	0,5	190
1,2,3,4,7,8-HxCDF (*)	980	0,1	98
1,2,3,6,7,8-HxCDF (*)	1000	0,1	100
2,3,4,6,7,8-HxCDF (*)	1400	0,1	140
1,2,3,7,8,9-HxCDF	59	0,1	5.9
1,2,3,4,7,8-HxCDD	490	0,1	49
1,2,3,6,7,8-HxCDD (*)	1200	0,1	120
1,2,3,7,8,9-HxCDD	790	0,1	79
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (*)	4100	0,01	41
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	430	0,01	4.3
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (*)	7300	0,01	73
OCDF	1300	0,001	1.3
OCDD (*)	12000	0,001	12
total			1600
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

(*) Results are out of range of linearity

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
Your reference: sample		No. 4 SD-HMP T3	
Compound name	Concentration (ng/kg d.w.)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg d.w.)
2,3,7,8-TCDF	4.3	0,1	0.43
2,3,7,8-TCDD	0.97	1	0.97
1,2,3,7,8-PeCDF	5.3	0,05	0.26
2,3,4,7,8-PeCDF	7.6	0,5	3.8
1,2,3,7,8-PeCDD	3.2	0,5	1.6
1,2,3,4,7,8-HxCDF	8.2	0,1	0.82
1,2,3,6,7,8-HxCDF	8.6	0,1	0.86
2,3,4,6,7,8-HxCDF	12	0,1	1.2
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 0.64	0,1	< 0.064
1,2,3,4,7,8-HxCDD	3.8	0,1	0.38
1,2,3,6,7,8-HxCDD	8.1	0,1	0.81
1,2,3,7,8,9-HxCDD	5.2	0,1	0.52
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	40	0,01	0.40
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	4.2	0,01	0.042
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	60	0,01	0.60
OCDF	15	0,001	0.015
OCDD	140	0,001	0.14
total			12,93 - 12,99
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
Your reference: sample		No. 5 WET-FGW-IN T3	
Compound name	Concentration (ng/kg d.w.)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg d.w.)
2,3,7,8-TCDF	21	0,1	2.1
2,3,7,8-TCDD	6.3	1	6.3
1,2,3,7,8-PeCDF	33	0,05	1.7
2,3,4,7,8-PeCDF	24	0,5	12
1,2,3,7,8-PeCDD	16	0,5	8.1
1,2,3,4,7,8-HxCDF	35	0,1	3.5
1,2,3,6,7,8-HxCDF	39	0,1	3.9
2,3,4,6,7,8-HxCDF	34	0,1	3.4
1,2,3,7,8,9-HxCDF	3.6	0,1	0.36
1,2,3,4,7,8-HxCDD	14	0,1	1.4
1,2,3,6,7,8-HxCDD	34	0,1	3.4
1,2,3,7,8,9-HxCDD	28	0,1	2.8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	150	0,01	1.5
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	18	0,01	0.18
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	370	0,01	3.7
OCDF	87	0,001	0.087
OCDD	1300	0,001	1.3
total			56
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

ANALYTICAL REPORT: IAC0605353

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
Your reference: sample		No. 6 WET-FGW-OUT T3	
Compound name	Concentration (ng/kg d.w.)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg d.w.)
2,3,7,8-TCDF	23	0,1	2.3
2,3,7,8-TCDD	6.4	1	6.4
1,2,3,7,8-PeCDF	35	0,05	1.7
2,3,4,7,8-PeCDF	27	0,5	13
1,2,3,7,8-PeCDD	16	0,5	8.1
1,2,3,4,7,8-HxCDF	37	0,1	3.7
1,2,3,6,7,8-HxCDF	41	0,1	4.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	38	0,1	3.8
1,2,3,7,8,9-HxCDF	3.1	0,1	0.31
1,2,3,4,7,8-HxCDD	15	0,1	1.5
1,2,3,6,7,8-HxCDD	37	0,1	3.7
1,2,3,7,8,9-HxCDD	28	0,1	2.8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	160	0,01	1.6
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	19	0,01	0.19
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	390	0,01	3.9
OCDF	93	0,001	0.093
OCDD	1200	0,001	1.2
total			59
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
Your reference: sample		No. 8 WET-HMP T3	
Compound name	Concentration (ng/kg d.w.)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg d.w.)
2,3,7,8-TCDF	< 0.63	0,1	< 0.063
2,3,7,8-TCDD	< 0.63	1	< 0.63
1,2,3,7,8-PeCDF	< 0.63	0,05	< 0.032
2,3,4,7,8-PeCDF	< 0.63	0,5	< 0.32
1,2,3,7,8-PeCDD	< 0.63	0,5	< 0.32
1,2,3,4,7,8-HxCDF	< 0.63	0,1	< 0.063
1,2,3,6,7,8-HxCDF	< 0.63	0,1	< 0.063
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.72	0,1	0.072
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 0.63	0,1	< 0.063
1,2,3,4,7,8-HxCDD	< 0.63	0,1	< 0.063
1,2,3,6,7,8-HxCDD	< 0.63	0,1	< 0.063
1,2,3,7,8,9-HxCDD	< 0.63	0,1	< 0.063
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2.6	0,01	0.026
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	< 1.1	0,01	< 0.011
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	3.5	0,01	0.035
OCDF	< 2.1	0,001	< 0.0021
OCDD	11	0,001	0.011
total			0,14 - 1,9
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
sample		No. 3 SD-SW-POL T3	
Compound name	Concentration (ng/kg)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg)
2,3,7,8-TCDF	< 0.0024	0,1	< 0.00024
2,3,7,8-TCDD	< 0.0012	1	< 0.0012
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0017	0,05	0.000083
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0016	0,5	0.00078
1,2,3,7,8-PeCDD	< 0.0012	0,5	< 0.00061
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0039	0,1	0.00039
1,2,3,6,7,8-HxCDF	< 0.0020	0,1	< 0.00020
2,3,4,6,7,8-HxCDF	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,4,7,8-HxCDD	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,6,7,8-HxCDD	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,7,8,9-HxCDD	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	< 0.012	0,01	< 0.00012
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	< 0.012	0,01	< 0.00012
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	< 0.012	0,01	< 0.00012
OCDF	< 0.024	0,001	< 0.000024
OCDD	< 0.024	0,001	< 0.000024
total			0,0013 - 0,0049
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

Determination of 2,3,7,8-substituted PCDF and PCDD			
sample		No. 7 WET-SW-POL T3	
Compound name	Concentration (ng/kg)	I-TEF	I-TEQ (ng/kg)
2,3,7,8-TCDF	< 0.0024	0,1	< 0.00024
2,3,7,8-TCDD	< 0.0012	1	< 0.0012
1,2,3,7,8-PeCDF	< 0.0012	0,05	< 0.000061
2,3,4,7,8-PeCDF	< 0.0012	0,5	< 0.00061
1,2,3,7,8-PeCDD	< 0.0012	0,5	< 0.00061
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0023	0,1	0.00023
1,2,3,6,7,8-HxCDF	< 0.0020	0,1	< 0.00020
2,3,4,6,7,8-HxCDF	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,4,7,8-HxCDD	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,6,7,8-HxCDD	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,7,8,9-HxCDD	< 0.0020	0,1	< 0.00020
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	< 0.012	0,01	< 0.00012
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	< 0.012	0,01	< 0.00012
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	< 0.012	0,01	< 0.00012
OCDF	< 0.024	0,001	< 0.000024
OCDD	< 0.024	0,001	< 0.000024
total			0,00023 - 0,0046
The TEQ values for PCDD/F have been calculated using the toxicity equivalence factors according to J.A. van Zorge et al. (Chemosphere 19 (1989), 1881-1895). The measurement uncertainty has been determined and is available in the laboratory. On request, the data will be transmitted. The RSD of the control sample is less than 10%.			

ANALYTICAL REPORT: IAC0605353
Recovery extraction standards

	No. 1 SD-FGW-IN T3	No. 2 SD-FGW-OUT T3	No. 4 SD-HMP T3	No. 5 WET-FGW-IN T3	No. 6 WET-FGW-OUT T3
13C-2,3,7,8-TCDD (%)	74,5	81,7	84,1	72,8	75,0
13C-1,2,3,7,8-PeCDD (%)	65,8	89,3	77,6	71,3	64,4
13C-1,2,3,4,7,8-HxCDD (%)	97,7	103,0	101,5	93,5	94,6
13C-1,2,3,6,7,8-HxCDD (%)	95,5	100,2	100,5	91,7	94,2
13C-1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (%)	124,6	122,8	94,5	92,5	94,0
13C-OCDD (%)	95,5	105,5	79,2	87,3	84,0
13C-2,3,7,8-TCDF (%)	72,2	85,3	77,6	71,1	73,1
13C-1,2,3,7,8-PeCDF (%)	59,0	76,1	71,6	62,9	56,0
13C-2,3,4,7,8-PeCDF (%)	61,0	82,7	73,4	67,7	60,9
13C-1,2,3,4,7,8-HxCDF (%)	82,7	92,8	83,3	81,4	84,2
13C-1,2,3,6,7,8-HxCDF (%)	78,9	85,3	83,3	80,2	82,8
13C-2,3,4,6,7,8-HxCDF (%)	93,7	96,6	101,7	85,5	87,5
13C-1,2,3,7,8,9-HxCDF (%)	83,7	91,0	87,5	85,5	86,0
13C-1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (%)	96,7	114,9	83,7	84,2	83,0
13C-1,2,3,4,7,8,9-HpCDF (%)	92,3	99,1	79,6	81,8	79,5
13C-OCDF (%)	93,5	81,9	74,4	80,8	80,9

ANALYTICAL REPORT: IAC0605353

Recovery extraction standards

	No. 8 WET-HMP T3
13C-2,3,7,8-TCDD (%)	80,1
13C-1,2,3,7,8-PeCDD (%)	77,0
13C-1,2,3,4,7,8-HxCDD (%)	90,1
13C-1,2,3,6,7,8-HxCDD (%)	91,1
13C-1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (%)	86,5
13C-OCDD (%)	73,6
13C-2,3,7,8-TCDF (%)	77,3
13C-1,2,3,7,8-PeCDF (%)	70,1
13C-2,3,4,7,8-PeCDF (%)	73,0
13C-1,2,3,4,7,8-HxCDF (%)	82,4
13C-1,2,3,6,7,8-HxCDF (%)	81,1
13C-2,3,4,6,7,8-HxCDF (%)	85,8
13C-1,2,3,7,8,9-HxCDF (%)	82,6
13C-1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (%)	79,3
13C-1,2,3,4,7,8,9-HpCDF (%)	75,6
13C-OCDF (%)	74,0

ANALYTICAL REPORT: IAC0605353

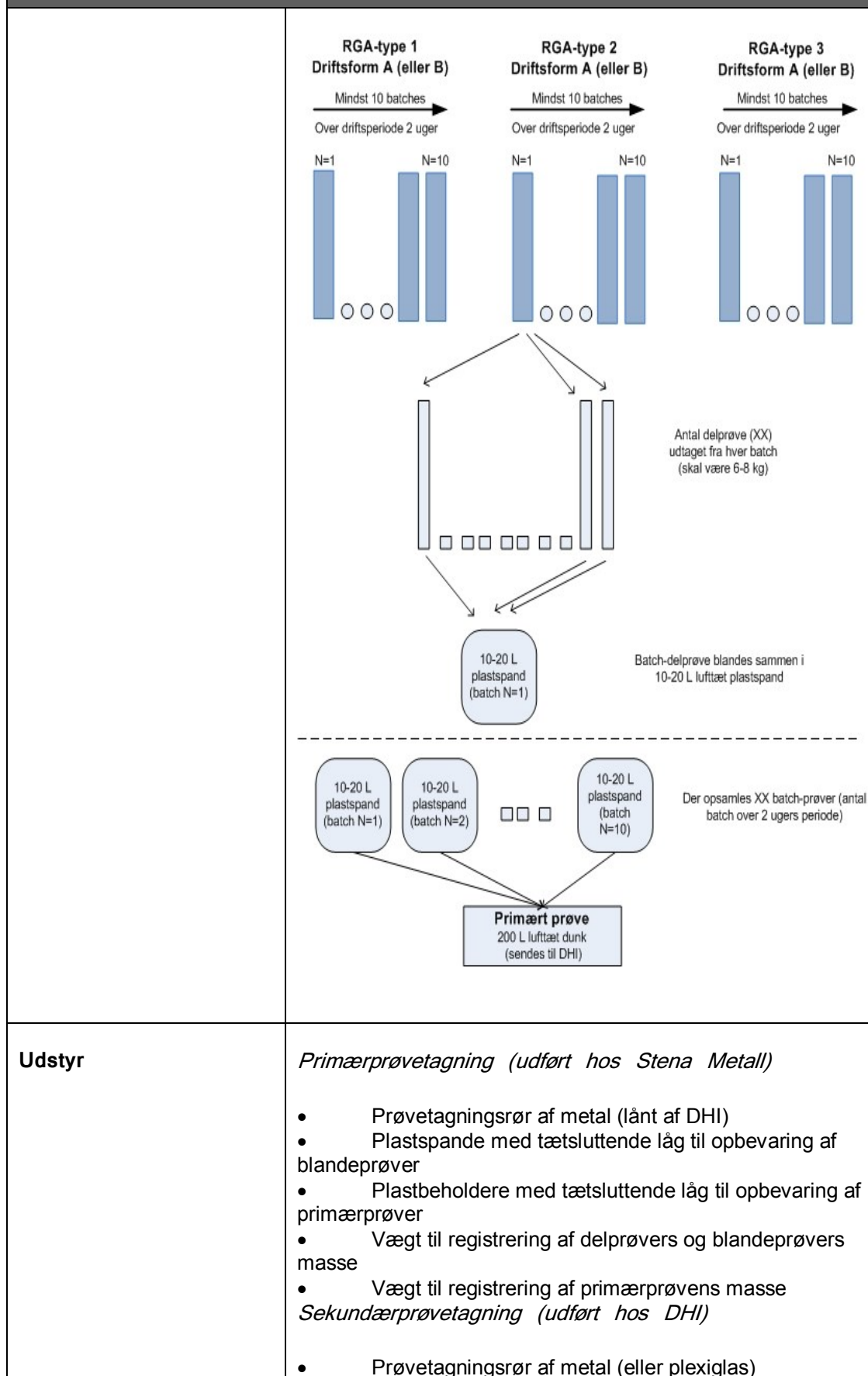
Recovery extraction standards

	No. 3 SD-SW-POL T3	No. 7 WET-SW-POL T3
13C-2,3,7,8-TCDD (%)	81,3	93,2
13C-1,2,3,7,8-PeCDD (%)	86,6	102,2
13C-1,2,3,4,7,8-HxCDD (%)	102,7	110,1
13C-1,2,3,6,7,8-HxCDD (%)	97,0	103,8
13C-1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (%)	92,3	73,0
13C-OCDD (%)	73,8	60,2
13C-2,3,7,8-TCDF (%)	72,2	82,4
13C-1,2,3,7,8-PeCDF (%)	78,5	90,6
13C-2,3,4,7,8-PeCDF (%)	78,2	95,1
13C-1,2,3,4,7,8-HxCDF (%)	92,3	112,1
13C-1,2,3,6,7,8-HxCDF (%)	95,2	109,3
13C-2,3,4,6,7,8-HxCDF (%)	100,3	106,4
13C-1,2,3,7,8,9-HxCDF (%)	97,5	93,8
13C-1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (%)	93,1	78,9
13C-1,2,3,4,7,8,9-HpCDF (%)	87,6	68,7
13C-OCDF (%)	69,5	55,0

Procedure for prøvetagning af behandlet RGA fra HALOSEP processen	
Anvendelse	Denne procedure beskriver prøvetagning af behandlet RGA (røggasrensningsaffald) fra HALOSEP processen - dvs. "HALOSEP-produkt" (treated FGW - flue gas waste residue)
Bemærkninger	Proceduren er udarbejdet i samarbejde med Erik Rasmussen, Stena Metall A/S, under hensyntagen til den daglige arbejdsrutine og produktion på Stena Metall A/S.
Formål med prøvetagning	Formål med prøvetagningen er at udtage prøver, som viser den gennemsnitlige karakter af HALOSEP-produktet over en 1-2 ugers driftsperiode. På baggrund af det ønsker man at konstatere, om en eller flere af de 6 kombinationer af restprodukt og driftsform kan give et HALOSEP-produkt, som ville kunne overholde kriterierne for deponering. Denne prøvetagningsprocedure kan efterfølgende anvendes til udtagning af prøver til en grundlæggende karakterisering eller overensstemmelsestestning i henhold til BEK 719:2011.
Referencer	EN 14899:2006 - Karakterisering af affald - prøveudtagning af affald - Rammer for udarbejdelse og anvendelse af en prøveplan
Oplysninger om produktion og håndtering af HALOSEP fra røggasrensning (på engelsk)	The HALOSEP process recovers chlorine in the form of salts from incineration waste residuals such as Flue Gas treatment Waste (FGW) and HCl scrubber liquid (HCSL). The origin of the chlorine in the FGW and the HCSL is from the incineration waste itself. The primary function of the HALOSEP process is to recover chlorine and obtain a reduced amount of FGW (flue gas waste) to be disposed to landfills. Secondary the HALOSEP process can be used to obtain a treated FGW that has improved leaching properties for disposing the treated FGW on landfills. The process can handle FGW from semi-dry, dry or wet flue gas cleaning processes.

Procedure for prøvetagning af behandlet RGA fra HALOSEP processen	
	The main product from the HALOSEP process is the salt product coming from the HALOSEP treatment of semi dry FGW 700 kg and the amount of salt product coming from HALOSEP FGW is about 290-330 kg dependent on process parameters. The amount of FGW to be disposed (x-FGW) can be reduced to about 26% of the raw FGW input for semi dry FGW and about 51% for wet FGW on a dry substance basis. The HALOSEP pilot plant has been built into two containers in order to have a mobile plant. Treatment is done in batches. In this project FGW from XX large incineration plants Amagerforbrænding, Vestforbrænding, and XXX (dry residues?) have been tested in the HALOSEP pilot plant.
Prøvetagnings-strategi	To forskellige driftsforhold skal testes for hver af de tre RGA produkter (semi-dry, dry, wet) (driftsform A, driftsform B). Der forventes at behandle omkring 3 ton rå RGA pr. driftsform - dvs. 6 ton RGA fra hver forbrændingsanlæg. En typisk batch er på 50-100 kg - dvs. der forventes op til 30 drifts pr. RGA pr. driftsform. Processen kan håndtere 1-2 t/uge. For hvert RGA produkt og driftsform gælder: Over en 2 ugers drift under samme forhold (f.eks. driftsform A) udtages der 6-8 delprøver fra hver batch med HALOSEP-produktet. Størrelsen af en delprøve skal være omkring 1 kg. Delprøverne sammenstikkes til en blandprøve på omkring 6-8 kg, som opbevares i en 10-20 l lufttæt lukket plastspand indtil primærprøvetagningsperioden er afsluttet. Når primærprøvetagningsperioden er afsluttet stikkes alle blandeprøver for et produkt og driftsform sammen til en primærprøve, som er repræsentativ for dette RGA produktet og driftsform. Ved at gentage prøvetagningen for hvert produkt og driftsform opnås i alt 6 primærprøver. Princippet for prøvetagning er vist i nedenstående figur. Primærprøverne sendes til DHI. På DHI udtages der fra hver primærprøve et antal delprøver, som sammenstikkes til en laboratorieprøve.

Procedure for prøvetagning af behandlet RGA fra HALOSEP processen



Procedure for prøvetagning af behandlet RGA fra HALOSEP processen	
	• Vægt til registrering af laboratorieprøvens masse • Plastspand med tætsluttende låg til opbevaring af laboratorieprøve
Udtagning af primærprøver	Primærprøvetagningen forventes at frembringe i alt 6 stk. 200 L plastdunk (blue barrell with black lid), som er opfyldt med prøvemateriale i løbet af prøvetagningsperioden på 2 uger. Prøvetagningsperioden begynder, når en batch med et RGA-produkt sættes i gang under én af driftsformene (A eller B) og slutter 2 uger senere (Det skal dog sikres, at der som minimum udføres 10 batch-forsøg for det pågældende RGA-produkt og den valgte driftsform i denne periode). • For hver batch-forsøg, der igangsættes i prøvetagningsperioden, noteres startdatoen. Datoen for prøvetagning noteres også. • Inden prøvetagningen rengøres prøvetagningsrøret med vand eller trykluft. • Med prøvetagningsrør udtages 6-8 delprøver á 1 kg (som svarer til 6-8 kg) fra hver batch-forsøg – jævnt fordelt over hele overfladen. Prøvetagningsrøret føres <u>fra toppen og helt til bunden</u> af HALOSEP-batch tank. Delprøverne skal således repræsentere tanks indhold både horisontalt og vertikalt. • Røret drejes rundt for at afskære en cylinderformet delprøve som kan trækkes ud fra materialet uden at tabe materiale. • Delprøverne sammenstikkes til en blandeprøve som opbevares i en mærket (med RGA-produkt navn, driftsform, initialer, antal delprøver, dato) lufttæt plastspand (10-20L) og opbevares indtil prøvetagningsperioden er afsluttet. Der udtages i alt mellem 6 til 8 kg af HALOSEP-produkt per batch-forsøg. • Prøvetagningsperioden afsluttes 2 uger efter startdatoen (dog mindst 10 batch-forsøg), dvs. der skal være mindst XX (antal batch) plastspande med HALOSEP-produkt pr. RGA og driftsform • De XX prøver sammenstikkes til en primærprøve, som opbevares i en 200L plastdunk med lufttæt låg, mærket "Halosep-produkt, XX forbrændingsanlæg, driftsform A/B" og dunken sendes til DHI. DHI

Procedure for prøvetagning af behandlet RGA fra HALOSEP processen	
	Agern Alle 5 2970 Hørsholm Att: Jiri Hyks Den person, som gennemfører primærprøvetagning, dokumenterer dette ved at udfylde og med initialer underskrive et datablad (bilag 1 – feltrapport)
Forbehandling og udtagning af laboratorieprøve (på DHI)	- Primærprøverne homogeniseres i dunkene med en blandemaskine inden delprøvetagningen. - Fra hver primærprøve udtages der delprøver med et prøvetagningsrør – se nedenstående billede - Antallet af delprøver afhænger af, hvor meget materiale, der udtages i et nedstik. Dette beregnes, idet der i alt skal udtages minimum 10 kg materiale til laboratorieprøven. - En delprøve udtages ved at føre prøvetagningsrøret lodret ned gennem materialet til bunden af plastdunken. Røret lukkes i toppen med en tætsluttende prop og trækkes forsigtigt tilbage. Tab af materiale fra røret skal undgås. - Alle delprøverne sammenstikkes til en laboratorieprøve. Laboratorieprøven homogeniseres med en blandemaskine. Laboratorieprøvens vægt registreres. - Den person, der gennemfører sekundærprøvetagning og sammenstikning til laboratorieprøven, dokumenterer dette ved at udfylde og med initialer at underskrive på et datablad (bilag 1).  <i>Eksempler på prøvetagningsrør til delprøvetagning</i>
Konservering og emballage	Blandeprøver opbevares tørt i tæt lukkede plastspande indtil prøvetagningsperioden er afsluttet. Blandeprøver mærkes med <i>RGA-produktnavn, driftsform, initialer, antal delprøver</i>,

Procedure for prøvetagning af behandlet RGA fra HALOSEP processen	
	<i>dato.</i> Laboratorieprøven mærkes med <i>dato, driftsform og produktnavn samt "laboratorieprøve"</i>. Laboratorieprøven opbevares i en tæt lukket plastspand i højest én måned.
Transport	Det skal sikres, at prøverne transporteres, så emballage ikke kan gå i stykker undervejs.
Kvalitetssikring	
Dokumentation	Følgende dokumentation udarbejdes for hver prøvetagning: - Prøvetagningsplan (udarbejdes af DHI inden prøvetagning gennemføres) - Feltrapport (Vedlagt som bilag 1 og udfyldes af de personer, som gennemfører prøvetagning) - Prøvetagningsrapport (udarbejdes af DHI efter prøvetagning er gennemført)

12.3 Bilag 3: Liste over prøver til analyse, VF og AF

Prøve Nr.	Type	Prøve betegnelse	Mængde		Analyser
1	Ubehandlet RGA	RGA (VF01-VF32)	14 kg	Dioxin/furan analyse	Ansøgning tabel 5
1A	Ubehandlet RGA	RGA (VF01-VF16)	10,4 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
1B	Ubehandlet RGA	RGA (VF17-VF32)	14,1 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
2	Scrubber Liquid A5	HCIS-A5-04	ca. 5 L	Væske karakterisering	Ansøgning tabel 5
3	Scrubber Liquid A6	HCIS-A6-02	ca. 4 L	Væske karakterisering	Ansøgning tabel 5
4	Overstørrelser > 1mm	OS (VF01-VF16)	1,3 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
5	Tungmetalprodukt	TMP (VF01-VF16)-A	3,5 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
6	Tungmetalprodukt	TMP (VF01-VF16)-B	1,4 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
7	Behandlet RGA	X-RGA (VF01-VF08)	13 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
8	Behandlet RGA	X-RGA (VF09-VF16)	15 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
9	Saltprodukt	SP (VF01-VF08)	ca. 5 L	Væske karakterisering	Ansøgning tabel 5
10	Saltprodukt	SP (VF09-VF16)	ca. 5 L	Væske karakterisering	Ansøgning tabel 5
Prøve Nr.	Type	Prøve betegnelse	Mængde		Analyser
11	Scrubber Liquid A6 (*)	HCIS-(A6-03/A6-04) 50%/50%	ca. 5 L	Væske karakterisering	Ansøgning tabel 5
12	Overstørrelser > 1mm	OS (VF17-VF24)	3,7	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
13	Tungmetalprodukt	TMP (VF17-VF24)-TS1	3,5 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
14	Behandlet RGA	X-RGA (VF17-VF24)	19 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
15	Saltprodukt	SPL (VF17-VF24)	ca. 5 L	Væske karakterisering	Ansøgning tabel 5
(*) NB: Okkerproblem på VF anlæg 6 (ses i prøve A6-04)					

Prøve Nr.	Type	Prøve betegnelse	Mængde		Analyser
16	Overstørrelser > 1mm	OS (VF25-VF32)	5,3 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
17	Tungmetalprodukt	TMP (VF25-VF32)-TS1	3,6 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
18	Behandlet RGA	X-RGA (VF25-VF32)	16,1 kg	fast stof karakterisering	Ansøgning tabel 5
19	Saltprodukt	SPL (VF25-VF32)	ca. 5 L	Væske karakterisering	Ansøgning tabel 5

Type	Prøve betegnelse	Mængde		Analyser
20	Ubehandlet RGA	RGA (AF01-AF32)	14 kg	Dioxin/furan analyse
29	Ubehandlet RGA	RGA (AF01-AF16)	16 kg	fast stof karakterisering
30	Ubehandlet RGA	RGA (AF17-AF32)	19 kg	fast stof karakterisering
21	Scrubber Liquid A5	HCIS-A5-05	ca. 3 L	Væske karakterisering
22	Scrubber Liquid A6	HCIS-A6-05	ca. 3 L	Væske karakterisering
31	Scrubber Liquid A5	HCIS-A5-05-AC	ca. 3 L	Væske karakterisering
32	Scrubber Liquid A5	HCIS-A5-06	ca. 3 L	Væske karakterisering
33	Scrubber Liquid A5	HCIS-A5-06-AC	ca. 3 L	Væske karakterisering
23	Overstørrelser > 1mm	OS (AF01-AF16)	2,8 kg	fast stof karakterisering
38	Overstørrelser > 1mm	OS (AF17-AF32)	4,4 kg	fast stof karakterisering
24	Saltprodukt	SP (AF01-AF08)	ca. 3 L	Væske karakterisering
25	Saltprodukt	SP (AF09-AF16)	ca. 3 L	Væske karakterisering
34	Saltprodukt	SP (AF17-AF24)	ca. 3 L	Væske karakterisering
39	Saltprodukt	SP (AF25-AF32) A	ca. 4 L	Væske karakterisering
40	Saltprodukt	SP (AF25-AF32) B	ca. 3 L	Væske karakterisering
26	Tungmetalprodukt	TMP (AF01-AF08)	3,0 kg	fast stof karakterisering
35	Tungmetalprodukt	TMP (AF09-AF16)	3,0 kg	fast stof karakterisering
36	Tungmetalprodukt	TMP (AF17-AF24)	2,0 kg	fast stof karakterisering
41	Tungmetalprodukt	TMP (AF25-AF32)	2,2 kg	fast stof karakterisering
27	Behandlet RGA	X-RGA (AF01-AF08)	19,6 kg	fast stof karakterisering
28	Behandlet RGA	X-RGA (AF09-AF16)	18 kg	fast stof karakterisering
37	Behandlet RGA	X-RGA (AF17-AF24)	16,5 kg	fast stof karakterisering
42	Behandlet RGA	X-RGA (AF25-AF32)	19,0 kg	fast stof karakterisering
43	Saltprodukt EB	SP TMT VF01-08	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
44	Saltprodukt EB	SP TMT VF09-16	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
45	Saltprodukt EB	SP TMT VF17-32	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
46	Saltprodukt EB	SP TMT AF01-08	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
47	Saltprodukt EB	SP TMT AF09-16	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
48	Saltprodukt EB	SP TMT AF17-24	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
49	Saltprodukt EB	SP TMT AF25-32	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
50	Saltprodukt EB	SP AC VF01-08	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
51	Saltprodukt EB	SP AC VF09-16	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
52	Saltprodukt EB	SP AC VF17-32	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
53	Saltprodukt EB	SP AC AF01-08	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
54	Saltprodukt EB	SP AC AF09-16	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
55	Saltprodukt EB	SP AC AF17-24	ca. 2,5 L	Væske karakterisering
56	Saltprodukt EB	SP AC AF25-32	ca. 2,5 L	Væske karakterisering

12.4 Bilag 4:Notat til Brøndby Kommune

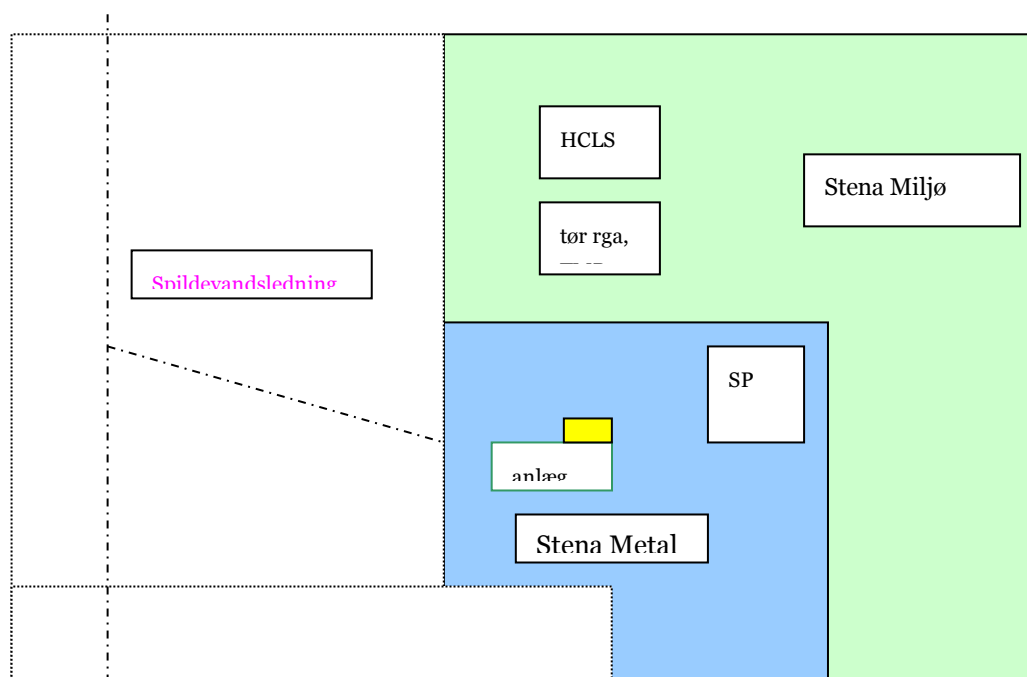
WA17.02: Forsøgsanlæg til behandling af RGA og scrubber væske fra forbrændingsanlæg (MST projektnr. 141-00239)

Notat til Brøndby kommune vedrørende placering af scrubbervæske og RGA fra forbrændingsanlæg samt tungmetalprodukt, behandlet RGA og saltprodukt fra driftsform 1. Udledning af saltvand ved driftsform 2”

A: Oplag af scrubberliquid, tør RGA, behandlet RGA, saltprodukt (fra driftsform 1) samt tungmetalprodukt i Hal 7.

1. Scrubberliquid (HCSL) afhentes i 1 m3 palletanke hos Vestforbrænding som oplagres hos Stena Miljø. Der pumpes max. 150 L HCSL ind i HALOSEP anlæggets lagertank for brugt saltsyre.
2. RGA fra VF (og AF) afhentes tørt i blå 200 L PE spændelågsfade (PESP) max. 2 stk hver mandag. Midlertidigt oplag hos Stena Miljø. Et stk PESP beholder behandles i HALOSEP anlægget ved tilsætning af vand direkte i PESP beholderen (opslemning i vand). Herefter pumpes opslemningen ind i HALOSEP anlæggets slurrytank og behandlingen starter.
3. Saltprodukt (SP). Lagres i 1 m3 palletanke på det skitserede område hos Stena Metal. Til senere forsøg med genbrug som vejsalt.
4. Behandlet RGA (x-RGA). Lagres i blå ca. 2 m3 stålcontainer placeret direkte under filterpresse for behandlet RGA (markeret med gult på skitse). Returneres til forbrændingsanlæg
5. Tungmetalprodukt (TMP). Opbevares midlertidigt i 120 L PESP spændelågsfad hos Stena Miljø. Afsættes til recycling.

Herunder ses en skitse over placeringen i hal 7 af HALOSEP forsøgsanlæg samt placering af oplag af tør RGA, behandlet RGA, scrubber liquid, tungmetalprodukt samt saltprodukt (SP) fra forsøgene.



B: Udledning af saltvand (fra driftsform 2).

Udledning af spildevand (saltvand) ved driftsform 2 sker til spildevandsledning i Hal 7. Den forventede sammensætning af det udledte saltvand (korrigeret for nyt planlagt L:S forhold) samt mængder er vist i efterfølgende tabel 1 og 2. Data for sammensætningen er fra tidligere udførte HALOSEP pilotforsøg med RGA fra Vestforbrænding.

Driftsform 2. Saltvand fra VF. Beregnet sammensætning efter fældning af metaller.	TS i % Klor og metaller i mg/L Dioxiner i ng/kg
TS %	3,75
Klor (Cl) mg/L	22.500
Bly (Pb) mg/L	<0,007
Zink (Zn) mg/L	< 0,005
Kobber (Cu) mg/L	< 0,003
Krom (Cr) mg/L	< 0,003
Cadmium (Cd) mg/L	< 0,002
Kviksølv (Hg) mg/L	<0,0009
Arsen (As) mg/L	< 0,006
Dioxin- & Furaner (I-TEQ) ng/kg	0,00007 -0,0014

Driftsform 2. Beregnede mængder ved udledning af saltvand. Drift i en måned svarer til 1 test.	Forventet max. udledning pr. test
Max. udledt mængde i m3/time	0,02
Max antal m3 pr. md	15
g Bly (Pb) pr. måned	< 0,1
g Zink (Zn) pr. måned	< 0,105
g Kobber (Cu) pr. måned	< 0,045
g Krom (Cr) pr. måned	< 0,045
g Cadmium (Cd) pr. måned	< 0,03
g Kviksølv (Hg) pr. Måned	<0,013
g Arsen (As) pr. Måned	< 0,09

Med venlig hilsen

Erik Rasmussen
Projektleder
Stena Metall A/S

Mobiltilf. 21 48 82 11

Sambehandling af RGA og scrubbervæske fra forbrændingsanlæg med HALOSEP processen

HALOSEP processen er en proces rettet mod behandling af aske fra f.eks. affaldsforbrændingsanlæg. I HALOSEP processen behandles røggasrensningsaffald (RGA) med scrubbervæske med det overordnede formål at reducere mængden af RGA og skabe et produkt, der kan overholde kravene til deponering på danske deponeringsanlæg.

Formålet med dette projekt har været at dokumentere, hvordan produkterne (behandlet RGA, salte og tungmetalholdigt produkt) fra HALOSEP processen kan behandles. Dette er gjort ved udførelse af en række forsøg på det udvidede HALOSEP-pilotanlæg og efterfølgende batch- og kolonneudvaskningsforsøg. Det er desuden undersøgt om mængdereduktioner opnået i tidligere forsøg er robuste ved langtidstests. Endeligt er omkostningerne knyttet til behandling af RGA med HALOSEP processen undersøgt og sammenlignet med omkostningerne ved den nuværende behandlingsform for RGA.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk