Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Forprojekt til analyse af shredderaffald ifht. farlighed

Pia Brunn Poulsen,
Susanne Westborg
Jesper Cramer

FORCE TECHNOLOGY

Miljøprojekt Nr. 1374 2011

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.

Indhold

FORORD 5

SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER 7

SUMMARY AND CONCLUSIONS 11

1 INDLEDNING 15

1.1 BAGGRUND - SHREDDERAFFALD 15
1.2 FORMÅL 15

2 HISTORIK – HVORFOR ER SHREDDERAFFALD FARLIGT? 17

2.1 KLASSIFICERING AF AFFALD SOM FARLIGT 17
2.2 KLASSIFICERING AF SHREDDERAFFALD 18

3 DESKRESEARCH – TIDLIGERE ANALYSER AF SHREDDERAFFALD 21

3.1 ANALYSER AF INDHOLDSSTOFFER I SHREDDERAFFALD 21
3.1.1 Vurdering af shredderaffalds farlighed 26
3.2 METODER TIL PRØVEUDTAGNING, PRØVEFORBEREDELSE OG ANALYSE AF SHREDDERAFFALD 28
3.2.1 Miljøstyrelsens retningslinjer for prøveudtagning, forbehandling, analysering og klassificering af skrot 28
3.2.2 Tilretning af Miljøstyrelsens retningslinjer for prøveudtagning, forbehandling, analysering og klassificering af skrot 29
3.2.3 Karakterisering af deponeret shredderaffald fra AV Miljø 30
3.2.4 FORCE Technologys egne analyser af shredderaffald 32

4 ANALYSER AF SHREDDERAFFALD 35

4.1 BESKRIVELSE AF BEDSTE EGNEDE METODE TIL PRØVEUDTAGNING, FORBEHANDLING OG ANALYSE 35
4.1.1 Prøveudtagning 35
4.1.2 Forbehandling 36
4.1.3 Analyse 39
4.2 ANALYSEMETODE ANVENDT I PRAKSIS I DETTE PROJEKT 42
4.2.1 Prøveudtagning 42
4.2.2 Forbehandling 44
4.2.3 Analyser 44
4.2.4 Oplukning af metaller ved vådkemiske analyser 45
4.2.5 Sammensmeltning af de frasorterede metaldele – delprøve B2 46
4.3 ERFARINGER – HVILKE ANALYSEMETODER SKAL ANVENDES FREMOVER? 46

5 ANALYSER AF SHREDDERAFFALD – RESULTATER 49

5.1 PRÆSENTATION AF DE VIGTIGSTE RESULTATER 49
5.1.1 Metaller 49
5.1.2 Organiske stoffer 52
5.2 HVILKE INDHOLDSSTOFFER GØR SHREDDERAFFALDET FARLIGT? 54

6 REFERENCER 57

Bilag A Resultater fra analyser af tre shredderaffaldsprøver

Forord

Projektet ”Forprojekt til analyse af shredderaffald ifht. Farlighed” er støttet af Miljøstyrelsen.

I projektet har udelukkende deltaget medarbejdere fra FORCE Technology. Bl.a.:

- Pia Brunn Poulsen, Afdelingen for Anvendt Miljøvurdering, FORCE
- Susanne Westborg, Afdelingen for Kemisk Analyse, FORCE
- Jesper Cramer, Afdelingen for Biomasse og Affald, FORCE

De tre analyser af shredderaffald, der er gennemført i dette projekt er foretaget af FORCE Technology, Afdelingen for Kemisk Analyse. Prøveudtagning og neddeling af shredderaffaldsprøverne er imidlertid foretaget af DHI.

Projektet har forløbet i perioden december 2008 til december 2009. Projektet er blevet fulgt fra Miljøstyrelsen af Bo Møller Gottlieb, Jord og Affald.

Sammenfatning og konklusioner

Baggrund og formål

I Danmark produceres der hvert år op til 185.000 tons shredderaffald. Det er affald, der fremkommer, når jern og metalskrot skal shreddes, dvs. neddeles og sorteres. Det restaffald, som ikke kan anvendes, kaldes shredderaffald. Det består af en blanding af skum, gummi, plast, jern og metaller og har en høj brændværdi.

Affaldet er i dag klassificeret som farligt. I de senere år er der gennemført nye regler for batterier, biler, dæk og elektronik. Forventningen er, at sammensætningen af affaldet til shredderanlæg er ændret. Der er derfor grund til at antage, at affaldets farlighed er reduceret.

Miljøstyrelsen vil med dette forprojekt følge op på klassificeringen af shredderaffaldet for at vurdere om det fortsat må betragtes som værende farligt affald. I forprojektet foretages en litteraturgennemgang af eksisterende analyser for shredderaffald for at vurdere farligheden. Forprojektet afdækker ligeledes, hvilke analysemetoder (inkl. forbehandling af prøver), der skal gennemføres for at afgøre farligheden af shredderaffaldet, og der er udført tre analyser af shredderaffald, hvor farligheden er vurderet. De tre shredderaffaldsprøver er bevidst udtaget fra samme primære prøve af shredderaffald med det formål at vurdere usikkerhederne på analyser, prøveudtagning, prøveneddeling og shredderaffalds heterogenitet.

Undersøgelsen

Både litteraturgennemgangen af eksisterende analyser af shredderaffald, beskrivelsen af metode til analyse af shredderaffald, samt selve analyserne af shredderaffald er udført af FORCE Technology. Dog blev enkelte af analyserne udført at underleverandører. DHI har foretaget prøveudtagning og neddeling af shredderaffaldsprøverne.

Projektet er udført i løbet af året 2009, og shredderaffaldsprøverne er udtaget løbende fra 20 forskellige lastbiler med shredderaffald over 20 arbejdsdage i maj 2009. De tre shredderaffaldsprøver, der er analyseret i dette projekt, repræsenterer således et gennemsnit af forskelligt shredderaffald.

Hovedkonklusioner

Litteraturstudiet af eksisterende shredderaffaldsanalyser viser ikke noget entydigt svar på om (”nyt”) shredderaffald i dag ligger under grænsen for klassificering som farligt affald. Men konklusionen er, at alle tre shredderaffaldsprøver, analyseret i dette projekt, ud fra en konservativ vurdering, må betragtes som værende farligt affald. Det var forventet, at alle tre shredderaffaldsprøver ville få den samme overordnede vurdering, da de tre prøver er udtaget fra samme bunker shredderaffald. Det er metallet bly, samt kulbrinter (dvs. olier), der er afgørende for, at det undersøgte shredderaffald skal klassificeres som farligt affald. Der er imidlertid behov for langt flere analyser af shredderaffald for at vurdere om shredderaffald i dag generelt skal betragtes som værende farligt affald eller ej.

Det kan dog konkluderes, at det er muligt at få forholdsvis "ens" resultater på tre "ens" shredderaffaldsprøver på trods af den forholdsvise lille prøvestørrelse i forhold til affaldets store heterogenitet.

For fremtidige shredderaffaldsanalyser kan det konkluderes, at det er unødvendigt at analysere for organiske forbindelser i den frasorterede metaldel. Her er indholdet af organiske forbindelser ubetydeligt i forhold til det totale indhold af organiske forbindelser. Disse analyser kan således spares væk.

I forhold til en bestemmelse af shredderaffaldets farlighed kan det også overvejes udelukkende at måle for indholdet af grundstoffer på ikke-metal delen ved fremtidige shredderaffaldsprøver, idet det kan antages, at den rene metalfraktion ikke har betydning i forhold til shredderaffaldets farlighed. Herved kan analyserne af metaldelen spares væk. Det afhænger dog klart af formålet med analyserne om denne udeladelse vil give mening.

Yderligere har analyserne vist, at den vådkemiske metode III kombineret med XRF bestemmelse for ikke-metal delen vil være det mest optimale i forhold til at analysere for metaller, der er interessante i forhold til en klassificering som farligt affald. XRF alene har vist sig for usikkert til bestemmelse af metalindhold for ikke-metaldelen. Den vådkemiske metode III har dog den store ulempe, at den ikke kan anvendes til bestemmelse af indhold af kviksølv. Kviksølv ser ud til at kunne måles ved XRF bestemmelse, selvom dette er en usikker metode. Men det skal bemærkes, at vi ikke har afprøvet hvorvidt XRF bestemmelsen giver et nogenlunde korrekt billede af kviksølvindholdet, hvis indholdet er større end 10 mg/kg.

Projektresultater

Metaller

Hvis man udelukkende ser på indholdskoncentrationen af metallerne i ikke-metal fraktionen (omregnet til modtaget prøve) – og dermed ser bort for indholdet af rent metal (metalfraktionen), så ser billedet ud som angivet i Tabel 0.1. Der er her udelukkende angivet de metaller, der har størst betydning for en vurdering af farligheden af shredderaffaldet.

Tabel 0.1 Indhold af grundstoffer i de tre shredderaffaldsprøver – indhold i ikke-metal del, tør basis, omregnet til modtaget prøve

Grundstof		Enhed	Prøve 1 Ikke-metal	Prøve 2 Ikke-metal	Prøve 3 Ikke-metal	Indholdskonc. = farlig[1)]
Arsen	(As)	mg/kg TS	26	30	24	1.000
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	23	17	18	1.000
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	51	37	28	100
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	250	270	260	1.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	1,1 [2)]	< 10 [2)]	< 9 [2)]	500
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	250	220	220	1.000
Bly	(Pb)	mg/kg TS	13.000	10.000	3.800	5.000
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	270	300	290	2.500
Zink	(Zn)	mg/kg TS	20.000	17.000	16.000	50.000

1) Den indholdskoncentration, der ifølge bilag VI i CLP forordningen udløser en klassificering som farlig. Se også afsnit 2.2 Klassificering af shredderaffald.
2) Indhold bestemt ved ED-XRF, idet Hg afgives ved foraskningen i metode III

I tabellen er i yderste højre kolonne angivet den indholdskoncentration, for hvilken de enkelte grundstoffer vil resultere i en klassificering som farligt. Dette dog kun, hvis der foretages en konservativ vurdering, som det anbefales i Miljøstyrelsens vejledning om farligt affald (Vejledning nr. 6, 2002). Dvs. at det antages, at metallerne findes på den form, hvor de er mest farlige, dvs. ofte som metalforbindelser, f.eks. oxider eller chlorider, og ikke på metallisk form. Ofte er metallerne ikke farlige i sig selv på metallisk form.

For metallet bly er grænsen for klassificering som farligt affald overskredet med maksimalt ca. 2,5 gange – for to af shredderaffaldsprøverne. Konklusionen er således, at to af shredderaffaldsprøver bør klassificeres som farligt affald, når der anvendes en konservativ betragtning, dvs. det antages, at indholdet af bly er til stede i form af blychlorider (eller andre forbindelser), som må anses for sandsynligt, når shredderaffald typisk også indeholder chlor.

Organiske stoffer

Tabel 0.2 viser totalindholdet af organiske stoffer i de modtagne prøver på tør basis. Der er her udelukkende angivet de organiske forbindelser, der har størst betydning for en vurdering af farligheden af shredderaffaldet.

I tabellen er i yderste højre kolonne angivet den indholdskoncentration, for hvilken de enkelte organiske forbindelser vil resultere i en klassificering som farligt. Dette dog kun, hvis der foretages en konservativ vurdering, som det anbefales i Miljøstyrelsens vejledning om farligt affald (Vejledning nr. 6, 2002). Dvs. at det antages, at kulbrintefraktionerne findes på den form, hvor de er mest farlige, dvs. som f.eks. naphtha klassificeret som kræftfremkaldende (med CARC2). Ikke alle kulbrinter er nødvendigvis klassificeret som kræftfremkaldende og anses som farlige i koncentrationer over 0,1 %.

Af Tabel 0.2 ses således, at med konservative betragtninger, så må alle tre shredderaffaldsprøver vurderes som skulle klassificeres som farligt affald, da indholdskoncentrationerne af summen af kulbrintefraktionerne (på grund af den høje kulbrintefraktion) ligger væsentligt over grænsen for klassificering som farligt – og det for alle tre shredderaffaldsprøver.

Summen af de undersøgte PAH'er ligger under grænsen for klassificering som farligt affald (dog omkring de 50 % af denne grænse) og summen af PCB'er ligger langt under grænsen for klassificering som farligt affald.

For alle shredderaffaldsprøver gælder, at den organiske fraktion i metaldelen (udrystet i acetone/pentan) er ubetydelig i forhold til den organiske fraktion i ikke-metal delen.

Tabel 0.2 Indhold af organiske stoffer i modtaget prøve, tør basis

Analyseparameter	Enhed	Prøve 1 i alt	Prøve 2 i alt	Prøve 3 i alt	Indholdskonc. = farlig[1)]
Aromatiske kulbrinter					
Benzen	mg/kg TS	0,65	< 0,20	4,4	1000
Toluen	mg/kg TS	1,9	< 0,20	< 0,19	50.000
Ethylbenzen	mg/kg TS	4,7	4,8	5,5	250.000
o-Xylen	mg/kg TS	27	0,34	4,3	125.000
m+p-Xylen	mg/kg TS	7,7	6,6	8,7	125.000
SUM BTEX	mg/kg TS	42	12	23	
Kulbrintefraktioner					
Benzen-C10	mg/kg TS	130	110	190	1000 (benzen)
>C10-C15	mg/kg TS	240	170	210	
>C15-C20	mg/kg TS	990	710	790	
>C20-C40	mg/kg TS	20.000	14.000	15.000	
SUM af kulbrinter (Benzen-C40)	mg/kg TS	21.000	15.000	17.000	1000
Polychlorerede biphenyler					
SUM af 7 PCB'er	mg/kg TS	< 0,18	0,495	0,619	
Samlet koncentration af PCB[2)]	mg/kg TS	< 0,9	2,475	3,095	50
PAH-forbindelser					
SUM EPA-PAH'er	mg/kg TS	47	29	28	100

1) Den indholdskoncentration, der ifølge bilag VI i CLP forordningen udløser en klassificering som farlig. Se også afsnit 2.2 Klassificering af shredderaffald.
2) Ifølge Miljøstyrelsens faktaark om PCB (Mijløstyrelsen, 2011) udregnes den samlede koncentration af PCB som summen af de 7 PCB congenerer ganget med en faktor på 5.

Summary and conclusions

Background and purpose

Each year 185,000 tonnes shredder waste are produced in Denmark. Shredder waste is waste that is produced when iron and metal scrap is shredded. Residue waste that cannot be used elsewhere is called shredder waste. Shredder waste contains a mixture of foam, rubber, plastic, iron and metals, andhas a high calorific value.

Shredder waste today is classified as hazardous. In recent years new rules for batteries, cars, tyres, and electronics have been implemented. The expectations are that the composition of the waste to the shredder plants has changed. There is therefore reason to believe that the hazardousness of the shredder waste has been reduced.

With this project, the Danish EPA wants to follow up on the classification of shredder waste in order to assess if shredder waste should continue to be considered as hazardous waste. In this project, a literature search of existing analysis of shredder waste has been made in order to assess the hazardousness of shredder waste. This project also discusses which methods for analysis of shredder waste (including pre-treatment of samples) that should be carried out in order to assess the hazardousness of the shredder waste. Three analysis of shredder waste have been carried out and the hazardousness has been assessed. The three shredder waste samples are intentionally from the same primary shredder waste sample in order to assess the uncertainties on analysis, sampling, reduction of size of the samples and the heterogeneity of the shredder waste.

The investigation

The literature search of existing analysis of shredder waste, the description of the method for analysis of shredder waste and the three analysis of shredder waste have been carried out by FORCE Technology. However, a few of the analysis have been carried out by subcontractors. DHI has been responsible for the sampling and the reduction of the size of the shredder waste samples.

The project has been carried out during the year 2009, and the shredder waste samples have been sampled each day for 20 days from 20 different trucks with shredder waste during one month in May 2009. The three shredder waste samples analysed in this project thereby represent an average of shredder waste over 20 days.

Main conclusions

The literature study of the existing analysis of shredder waste does not give a precise answer on whether (“new”) shredder waste today should be classified as hazardous waste. However, the conclusion from the analysis of the three new shredder waste samples is that all samples from a conservative point of view must be considered as being hazardous waste. This was to be expected as all three samples are sampled from the same pile of shredder waste. It is the metal lead, and hydrocarbons (i.e. oils), that are critical for the classification as hazardous waste. There is however, a need for far more results on the content of metals and organic substances in shredder waste in order to be able

to assess whether shredder waste today should be regarded as hazardous waste or not.

It can be concluded that it is possible to get relatively similar results on three "similar" shredder waste samples despite of the relatively small sample size used (10 kg) compared to the large heterogeneity of the shredder waste.

For future analysis of shredder waste, it must be concluded that it is unnecessary to analyse for organic compounds in the metal part that is sorted out. In this subsample, the content of organic compounds is insignificant compared to the total content of organic compounds in the total shredder waste sample. Cutting away this analysis can therefore make the overall price of analysing shredder waste more cheap.

When the sole purpose is to classify the hazardousness of shredder waste it should be considered only to analyse for the content of elements on the sorted non-metal fraction for future analysis, as it can be assumed that the pure metal fraction of the shredder waste does not have any influence on the hazardousness of the waste. Cutting away this analysis can therefore make the overall price of analysing shredder waste more cheap. It must, however, be pointed out that it depends strongly on the purpose of the analysis whether this exclusion will make sense.

Furthermore, the analysis of the three shredder waste samples have shown that the acid digestion method using HF/aqua regia on the ashes prepared at 550 °C combined with XRF for the non-metal part is the most optimal solution when the purpose is to analyse for metals that are interesting for the hazardousness of the shredder waste. XRF on its own has shown to be too uncertain for the determination of the metal content for the non-metal part. The acid digestion method has however, the big disadvantage, that it cannot be used to determine the content of mercury. It seems to be possible to determine the mercury content with XRF even though this is a very uncertain method. However, it should be noticed that we have not tested whether XRF will give correct measurements of the mercury content, if the content is more than 10 mg/kg.

Project results

Metals

Tabel 0.1 shows the content of metals for the non-metal fraction of the shredder waste sample (converted to the received sample). Only metals that have the highest influence on the hazardousness of the shredder waste are listed.

Table 0-1 Content of metals in the three shredder waste samples – content non-metal part, dry matter (DM), converted to received sample

Element		Unit	Sample 1 non-metal	Sample 2 non-metal	Sample 3 non-metal	Content = hazardous[1)]
Arsenic	(As)	mg/kg DM	26	30	24	1,000
Cadmium	(Cd)	mg/kg DM	23	17	18	1,000
Cobalt	(Co)	mg/kg DM	51	37	28	100
Chromium	(Cr)	mg/kg DM	250	270	260	1,000
Mercury	(Hg)	mg/kg DM	1.1 [2)]	< 10 [2)]	< 9 [2)]	500
Nickel	(Ni)	mg/kg DM	250	220	220	1,000
Lead	(Pb)	mg/kg DM	13,000	10,000	3,800	5,000
Antimony	(Sb)	mg/kg DM	270	300	290	2,500
Zinc	(Zn)	mg/kg DM	20,000	17,000	16,000	1,000

1) The concentration that according to appendix VI in the CLP Regulation results in a classification as hazardous.
2) Content determined by ED-XRF, as Hg is emitted by use of the acid digestion method using HF/aqua regia on the ashes prepared at 550 °C

In the table the outermost right column shows the concentration at which the metals will result in a classification as hazardous when a conservative assessment is made. The Danish EPA recommends using a conservative assessment in their guidance on hazardous waste (Vejledning nr. 6, 2002). A conservative assessment means that it is assumed that the metals are on the form where they are most hazardous, i.e. as metal compounds like oxides or chlorides and not on metallic form. Often the metals are not hazardous on metallic form.

For the metal lead the concentration for classification as hazardous waste is exceeded by 2,5 times, for two of the shredder waste samples. The conclusion is therefore that two of the three shredder waste samples should be classified as hazardous waste, when a conservative assessment is used, i.e. it is assumed that the content of lead is present as leadchlorides (or other compounds). This must be regarded as likely as shredder waste typically also contains chlorine.

Organic substances
Tabel 0.2 shows the total content of organic substances in the received samples (dry matter). Only organic substances that have the highest influence on the hazardousness of the shredder waste are listed.

In the table the outermost right column shows the concentration at which the individual organic compounds will result in a classification as hazardous when a conservative assessment is made. The Danish EPA recommends using a conservative assessment in their guidance on hazardous waste (Vejledning nr. 6, 2002). A conservative assessment means that it is assumed that the organic compounds are on the form, where they are most hazardous, i.e. as naphtha classified as carcinogenic (CARC2). Not all hydrocarbons are necessarily classified as carcinogenic and thereby considered as hazardous in concentrations above 0.1 %.

Tabel 0.2 shows that when using conservative considerations, all three shredder waste samples must be classified as hazardous waste, as the concentration of the sum of the hydrocarbons (because of the high hydrocarbon fraction) significantly exceeds the limit for classification as hazardous.

The content of the analysed PAH sum is under the limit for classification as hazardous waste (however only in a concentration of 50 % of this limit value), and the content of the analysed PCB sum is way under the limit for classification as hazardous waste.

For all three shredder waste samples apply that the organic fraction of the extracted metal subsample (the metal sample extracted with acetone/pentane) is insignificant compared to the organic fraction in the non-metal subsample.

Table 0-2 Content of organic substances in the received samples, dry matter (DM)

Parameter	Unit	Sample 1 total	Sample 2 total	Sample 3 total	Content = hazardous*
Aromatic hydrocarbons					
Benzene	mg/kg DM	0.65	< 0.20	4.4	1,000
Toluene	mg/kg DM	1.9	< 0.20	< 0.19	50,000
Ethylbenzene	mg/kg DM	4.7	4.8	5.5	250,000
o-Xylene	mg/kg DM	27	0.34	4.3	125,000
m+p-Xylene	mg/kg DM	7.7	6.6	8.7	125,000
SUM BTEX	mg/kg DM	42	12	23	
Hydrocarbon fractions					
Benzene-C10	mg/kg DM	130	110	190	1,000 (benzene)
>C10-C15	mg/kg DM	240	170	210	
>C15-C20	mg/kg DM	990	710	790	
>C20-C40	mg/kg DM	20,000	14,000	15,000	
SUM of hydrocarbons (Benzene-C40)	mg/kg DM	21,000	15,000	17,000	1,000
Polychlorinated biphenyls					
SUM of 7 PCB's	mg/kg DM	< 0.18	0.495	0.619	50
PAH-compounds					
SUM EPA-PAH's	mg/kg DM	47	29	28	100

* The concentration that according to the list of hazardous substances results in a classification as hazardous.

1 Indledning

1.1 Baggrund - shredderaffald

I Danmark produceres der hvert år op til 185.000 tons shredderaffald. Det er affald, der fremkommer, når jern og metalskrot shreddes dvs. neddeles og sorteres. Det restaffald, som ikke kan anvendes, kaldes shredderaffald. Det består af en blanding af skum, gummi, plast, jern og metaller og har en høj brændværdi.

Shredderaffald kan i nogle tilfælde være farligt, og i andre tilfælde være ikke-farligt. Det afhænger af sammensætningen af det affald, der tilføres shredderen og forbehandlingen af affaldet, men i dag klassificeres shredderaffald generelt som farligt. I de senere år er der gennemført nye regler for batterier, biler, dæk og elektronik, og forventningen er, at sammensætningen af affaldet til shredderanlæg dermed er ændret. Der er derfor grund til at antage, at affaldets farlighed er reduceret og Miljøstyrelsen vil følge op på klassificeringen af shredderaffaldet for at vurdere om det fortsat er farligt affald.

1.2 Formål

Formålet med projektet har været at gennemføre et forprojekt til en analyse af shredderaffaldet i Danmark, med henblik på at afgøre om affaldet skal klassificeres som farligt eller ikke-farligt. Forprojektet skal afdække, hvilke analysemetoder (inkl. forbehandling af prøver), der skal gennemføres for at afgøre farligheden af shredderaffaldet, samt beskrive hvilke analysemetoder, der er bedst egnede til analyse af shredderaffald. Det er derfor væsentligt på forhånd at vurdere hvad de opgivne analyseresultater skal bruges til. Hvis f.eks. det analyserede shredderaffald er tænkt som affald, der skal deponeres, kan man med fordel fokusere på komponenter, der kan give anledning til forureningskoncentrationer i perkolatet, dvs. stumper af f.eks. aluminium og ledninger af kobber kan frasorteres før analysen, idet disse betragtes som inerte komponenter. Hvis affaldet derimod skal afbrændes, kan de pågældende metaller ikke betragtes som inerte, idet de kan forårsage problemer under afbrænding. Til dette projekts formål er det de totale indhold af metallerne, der er interessante. Dels er det de totale indhold, der er afgørende for klassificeringen som farligt eller ikke farligt affald og dels er det de totale indhold af metallerne, der er interessant i forhold til, hvis shredderaffaldet i fremtiden skal forbrændes.

Med forprojektet skal det afdækkes, hvilke parametre, der er med til at afgøre om affaldet er farligt, og projektet skal samle tidligere analyser af shredderaffald som en deskresearch med henblik på at vurdere, om der på den baggrund kan konkluderes generelt på farligheden af affaldet.

Herudover har formålet med projektet være at foretage tre analyser af shredderaffald for at efterprøve analysemetoderne. For disse tre shredderaffaldsanalyser er der foretaget analyser ud fra et beskrevet

analyseprogram (baseret på tilgængelige oplysninger i litteraturen om analysemetoder for shredderaffald, samt FORCE Technologys erfaringer med kemiske analyser og analyser af shredderaffald).

2 Historik – hvorfor er shredderaffald farligt?

Shredderaffald fremkommer typisk fra neddeling af skrottede biler, hårde hvidevarer og diverse metalskrot. På shredderanlægget bliver skrottet læsset på transportbånd og tilført shredderens hammermølle. Efter neddeling bliver jern- og metaldele frasorteret. Det resterende shredderaffald består hovedsageligt at plast, skumgummi, stofrester, pap, gummi, træ og jord. Hovedparten af shredderaffaldet deponeres i dag, pga. affaldets farlighed.

Rent historisk har shredderaffald været betragtet som farligt affald allerede inden det blev vedtaget, at farligt affald skal klassificeres som farlige stoffer (dvs. i 1980'erne). Argumentet var dengang, at der på grund af affaldets forskellighed måtte anvendes et forsigtighedsprincip i og med, at der er stor usikkerhed på affaldets sammensætning. Et argument var, at shredderaffaldet kan indeholde forskellige olier. Søges på olier generelt i listen over farlige stoffer er en del af dem klassificeret som kræftfremkaldende (Carc1 eller Carc2), dvs. affaldet vil være defineret som farligt, hvis 0,1% af shredderaffaldet består af olie. (Kilde: DAKOFA)

2.1 Klassificering af affald som farligt

Ifølge Affaldsbekendtgørelsens bilag 4 anses affald for at være farligt, hvis det udviser en eller flere af følgende egenskaber/kriterier:

- Brandfare (eksplosiv, brandnærende, brandfarlig)
- Sundhedsfare (giftig, sundhedsskadelig, ætsende, lokalirriterende, sensibiliserende, kræftfremkaldende, mutagene, reproduktionsskadende)
- Miljøfare
- Smitsom
- Øvrige egenskaber (såsom ved berøring med vand, luft eller syrer dannes giftige luftarter)

Hvis affaldet indeholder en blanding, hvori der indgår en eller flere kemiske stoffer, som opfylder egenskaberne, skal der ved vurderingen tages hensyn til det samlede indhold af disse stoffer. Procentgrænserne for hvornår affald anses som farligt med indhold af et eller flere kemiske stoffer med disse egenskaber er angivet i Affaldsbekendtgørelsens bilag 4, og læner sig op af reglerne for klassificeringsreglerne for kemiske stoffer. (BEK 224, 2011).

Affald er under alle omstændigheder farligt, hvis:

- affaldet har et flammepunkt mindre end eller lig med 55°

og/eller hvis:

- summen af det eller de indgående kemiske stoffer, som udviser de i Tabel 2.1 anførte egenskaber, er tilstede i en koncentration, som er lig med eller overstiger de i tabellen angivne procentgrænser (vægtprocent):

Tabel 2.1 Procentgrænser for hvornår affald er farligt (BEK 224, 2011)

Egenskab	%
Meget giftig (R26, R27, R28, R39)[1)]	0,1
Giftig (R23, R24, R25)[1)]	3
Giftig (R48, R39)[1)]	1
Sundhedsskadelig (R20, R21, R22)[1)]	25
Sundhedsskadelig (R48)[1)]	10
Ætsende (R35)[1)]	1
Ætsende (R34)[1)]	5
Lokalirriterende (R36, R37, R38)[1)]	20
Lokalirriterende (R41)[1)]	10
Sensibiliserende (R42, R43)[1)]	1[2)]
Kræftfremkaldende, kategori 1 eller 2 (R45, R49)[1)]	0,1[2)]
Kræftfremkaldende, kategori 3 (R40)[1)]	1[2)]
Mutagen, kategori 1 eller 2 (R46)[1)]	0,1[2)]
Mutagen, kategori 3 (R40)[1)]	1[2)]
Reproduktionsskadende, kategori 1 eller 2 (R60, R61)[1)]	0,5[2)]
Reproduktionsskadende, kategori 3 (R62, R63)[1)]	5[2)]
Miljøfarlig, vandmiljøet (R50, R51, R52, R53) og øvrige økosystemer (R54, R55, R56, R57, R58, R59)[1)]	ikke fastsat
Smitsom	ikke fastsat
Øvrige	ikke fastsat

1) Der henvises til bekendtgørelse om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter samt til Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1272/2008 af 16. december 2008 om klassificering, mærkning og emballering af stoffer og blandinger.
2) Koncentrationsgrænsen gælder for det enkelte kemiske stof med den pågældende egenskab.

PCB anses for at være hormonforstyrrende og potentielt kræftfremkaldende og affald indeholdende mere end 50 ppm (0,005%) PCB betragtes som farligt affald ifølge Miljøstyrelsens regler. Olieaffald og affald indeholdende mere end 50 ppm PCB må ikke anvendes som brændsel (EU Direktiv 75/439, EU Direktiv 96/59).

Ifølge Schleicher & Jensen, 2006 angiver flere undersøgelser, at indholdet af PCB i shredderaffald er nedadgående. Men Börjesen et al, 2000 undrer sig over forholdsvis høje værdier af PCB i shredderaffald på mellem 0,1 og 295 ppm – og det på trods af et forbud mod brugen af PCB siden 1978.

2.2 Klassificering af shredderaffald

Farligheden af shredderaffald afhænger som nævnt af hvilke materialer og stoffer, der tilføres shredderanlægget, men i dag klassificeres shredderaffald generelt som farligt affald.

Det afhænger primært af indholdet af tungmetaller, PCB og olie om shredderaffald skal klassificeres som farligt eller ej. F.eks. vil shredderaffald skulle klassificeres som farligt, hvis indholdet af bly (blyforbindelser) udgør mere end 0,5 % eller hvis indholdet af olier (der ofte er klassificeret som kræftfremkaldende) udgør mere end 0,1 %. Ifølge Miljøstyrelsens vejledning om farligt affald skal der ofte en analyse til for at fastslå om affaldet skal klassificeres som farligt affald. Samtidigt angives det i vejledningen, at der må anvendes en konservativ vurdering, dvs. antage, at metallerne findes som forbindelser og ikke på metallisk form. (Vejledning nr. 6, 2002).

Olier klassificeres ofte som kræftfremkaldende pga. indhold af aromatiske hydrocarboner. F.eks. vil et benzenindhold på over 0,1 % udløse en klassificering som kræftfremkaldende (CARC2, R45) og olier med indhold af

policyckliske aromatiske hydrocarboner (PAH'er) er også klassificeret som kræftfremkaldende, da mange PAH'er er kræftfremkaldende (CARC2, R45). Et indhold af PAH'er i shredderaffald vil således udløse en klassificering som farligt affald, hvis indholdet er større end 0,01 %.

I Tabel 2.2 nedenfor er angivet indholdskoncentrationer for en række stoffer, der vil udløse en klassificering af shredderaffald som farligt affald, når der anvendes en worst case betragtning/konservativ vurdering (f.eks. antages at bly forefindes som blyforbindelser og ikke rent bly).

Tabel 2.2 Indholdskoncentrationer, der udløser en klassificering som farligt affald

Stof	Indholdskoncentration, der udløser en klassificering som farlig*	Baggrund / bemærkninger
Mn	25 %	Manganoxider klassificeres som sundhedsskadelige.
Cu	25 %	Kobberoxider og kobberchlorider klassificeres som sundhedsskadelige (Xn, R22) og miljøskadelige.
V	5 %	Vanadiumoxid klassificeres som repproduktionsskadelig (REP3 R63).
Sn	5 %	Tintetrachlorid er klassificeret som ætsende (C, R34) og miljøskadelig. Tri-methyl/ethyl/propyl/butyltinforbindelser er klassificeret som giftige og miljøskadelige.
Zn	5 %	Zinkchlorider og zinksulfat klassificeres som sundhedsskadelig og miljøskadelig (Xn, R22). Zinkoxider som miljøfarlige. Zinkpulver som miljøfarligt. Her er koncentrationen, der udløser en klassificering som farligt 5 %.
	0,1 %	Zinkchromater klassificeres som kræftfremkaldende (CARC1 R45) og miljøskadelige.
Pb	0,5 %	Blyforbindelser generelt klassificeres som sundhedsskadelige (Xn, R 20/22), reproduktionskadende (REP1, R61) og miljøskadelige
Sb	0,25 %	Antimonforbindelser klassificeres som sundhedsskadelig (XN, R20/22) og miljøskadelige. Antimonoxider klassificeres som kræftfremkaldende (CARC3, R40).
Olier/ kulbrinter	0,1 %	En række olier (naphta/aromatiske kulbrinter) klassificeres som kræftfremkaldende (CARC2, R45) – også de aromatfrie fraktioner.
Cr	0,1 %	Chromoxider, diverse chromater og chrom (VI) forbindelser klassificeres som kræftfremkaldende (CARC 2 R45 eller R49).
Ni	0,1 %	Nikkel i sig selv klassificeres som kræftfremkaldende (CARC 3 R40) og allergifremkaldende (R43), og nikkelsulfid, samt nikkelsulfider klassificeres som kræftfremkaldende (CARC1, R49).
As	0,1 %	Arsen i sig selv og arsenforbindelser klassificeres som giftige (T, R23/25) og miljøskadelige. Arsenoxider klassificeres som kræftfremkaldende (CARC1 R45) og miljøskadelige.
Cd	0,1 %	Cadmiumforbindelser klassificeres som sundhedsskadelige (Xn, R20/21/22) og cadmium i sig selv, samt enkelte forbindelser såsom cadmiumfluorid, cadmium sulfat, cadmiumsulfid, cadmiumchlorid og cadmiumoxid klassificeres som kræftfremkaldende (CARC2, R45) og miljøskadelig.
Hg	0,05 %	Uorganiske og organiske kviksølvforbindelser klassificeres som meget giftigte (Tx, R26/27/28) og miljøskadelige. Organiske kviksølvforbindelser anses som farligere end uorganiske og grænsen er således lavere (0,05 % i modsætning til 0,1 % for uorganiske).
Co	0,01 %	Cobaltdichlorid og cobaltsulfat er klassificeret som kræftfremkaldende (CARC2 R49). Cobalt er i sig selv klassificeret som allergifremkaldende (Xn, R42/43).

PAH	0,01 %	Mange PAH'er er kræftfremkaldende (CARC2, R45)
PCB	0,005 %	PCB klassificeres som miljøskadelig og er bioakkumulerende (R33)

* Kilde: Klassificeringer angivet via CLP – Joint Research Centre CLP/GHS database. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/classification-labelling/clp/

R20/22 Farlig ved indånding og ved indtagelse
R20/21/22 Farlig ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse
R22 Farlig ved indtagelse
R23/25 Giftig ved indånding og ved indtagelse
R26/27/28 Meget giftigt ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse
R33 Kan ophobes i kroppen efter gentagen brug
R34 Ætsningsfare
R40 Mulighed for kræftfremkaldende effekt
R42 Kan giver overfølsomhed ved indånding
R43 Kan give overfølsomhed ved kontakt med huden
R45 Kan fremkalde kræft
R49 Kan fremkalde kræft ved indånding
R61 Kan skade barnet under graviditeten
R63 Mulighed for skade på barnet under graviditeten

Det mest interessante – set i forhold til klassificering af shredderaffaldet – er således indhold af PCB, kulbrinter, PAH samt indholdet af tungmetaller.

3 Deskresearch – tidligere analyser af shredderaffald

Shredderaffald har typisk en meget varierende sammensætning, hvilket i praksis giver anledning til analyseresultater med usædvanlig stor usikkerhed. Herudover kan der være forskel på, hvordan analyserne er foretaget: f.eks. før eller efter frasortering af større jern- og metaldele. Det kan derfor være svært at sammenligne forskellige analyseresultater af shredderaffald fra litteraturen.

Det er derfor væsentligt på forhånd at vurdere hvad de opgivne analyseresultater skal bruges til. Hvis f.eks. det analyserede shredderaffald er tænkt som affald, der skal deponeres, kan man med fordel fokusere på komponenter, der kan give anledning til forureningskoncentrationer i perkolatet, dvs. stumper af f.eks. aluminium og ledninger af kobber kan frasorteres før analysen, idet disse betragtes som inerte komponenter. Hvis affaldet derimod skal afbrændes, kan de pågældende metaller ikke betragets som inerte, idet de kan forårsage problemer under afbrænding (Arbejdsrapport nr. 90, 1997).

3.1 Analyser af indholdsstoffer i Shredderaffald

Der er foretaget en internetsøgning over tidligere analyser af indholdsstoffer i shredderaffald. Der er søgt efter både danske og udenlandske kilder, der beskriver analyseresultater af shredderaffald.

De forskellige kilder er angivet i nedenstående tabel med tilhørende weblinks. De max. og min. målte værdier for de enkelte måleparametre er angivet i de efterfølgende tabeller for de i Tabel 3.1 beskrevne kilder.

Tabel 3.1 Resultat af internetsøgning over analyser af shredderaffald – danske og udenlandske kilder

Nr.	Betegnelse	Kilde	Fundet på	Analyser fra	Beskrivelse af analyse-metode
1	Miljøprojekt nr. 1133, 2006	Miljøprojekt nr. 1133, 2006. "Undersøgelse af mulighederne for termisk oparbejdning af mekanisk separeret shredderaffald", E Møller Nielsen, HJ Hansen Genvindingsindustri A/S et al. *(side 53 bilag 3.1)*	http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2006/87-7052-300-2/pdf/87-7052-301-0.pdf	Ikke specifikt beskrevet, men ser ud til at være analyseret til projektet, dvs. 2004	Nej
2	Miljøprojekt nr. 1055, 2006.	Miljøprojekt nr. 1055, 2006. "Metoder til behandling af tungmetalholdigt affald – Fase 3", J Cramer, FORCE Technology et al. *(side 50 – sammensætning af shredderaffald i DK i forskellige år, side 59)*	http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7614-883-1/pdf/87-7614-885-8.pdf	2002	Nej

Nr.	Betegnelse	Kilde	Fundet på	Analyser fra	Beskrivelse af analyse-metode
3	Arbejdsrapport nr. 90, 1997	Arbejdsrapport nr. 90, 1997. "Moderne, miljørigtig behandling af shredderaffald". Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen. Nr. 90. 1997. Forprojekt. Uniscrap A/S og H.J. Hansen Holding A/S. dækker over flere analyser fra flere steder. *(side 14 og frem + side 98)*	http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1997/87-7810-910-8/pdf/87-7810-910-8.pdf	Der henvises til flere analyser fra hhv. 1986, 1991 1992, samt generelle værdier for shredderaffald uden årstal (men før 1997).	Ja, forslag til analyse af shredderaffald er foreslået (side 60 og frem)
4	Ref lab nr. rapport nr. 34, 2006	Schleicher & Jensen, 2006. Rapport nr. 34, 2006. "Vurdering af PCB emissionsgrænseværdien", O. Schleicher og AA Jensen, FORCE Technology. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for måling af emissioner til luften.	http://www.ref-lab.dk/ref-lab_docs/showdoc.asp?id=080505114042&type=doc&pdf=true	Henvises til flere analyser fra forskellige årstal (bl.a. nr. 5 og 6)	Nej
5	Börjeson et al, 2000	Börjesen et al, 2000. "Characterization of automotive shredder residues from two shredding facilities with different refining processes in Sweden". Waste Management & Res. 2000: 18: 358-366.	Artiklen er købt	Er ikke angivet, men er fra før projektet, der sluttede i 1998.	Ja, men ikke beskrivelse af prøveudtagning og forberedelse
6	FORCE	FORCE Technology's egne tidligere analyser af shredderaffald (fortrolige). (*En enkelt af analyserne måler på indhold af tungmetaller, ellers blot brændselsanalyser)*		3 analyser fra henholdsvis 1991, 1996 og 1997	Ja
7	Shredderabfälle, 2004	Shredderabfälle, 2004. "Shredderabfälle: Leichfraktion und Filterstaub aus Abluftreinigung", Stand 08.12.2004.	http://ww.lua.nrw.de/abfall/bewertung/DBShredder.pdf	1042 prøver er analyseret siden 1985. Tysk shredderaffald.	Nej?
8	DHI, 2009	DHI, 2009. "Grundlæggende karkaterisering af prøve af shredderaffald i forbindelse med lysimeterforsøg ved KMC og Aftercare-projektet ved AV Miljø" *(prøverne er taget i juni 2006)*	Tilsendt via Miljøstyrelsen (AV Miljø)	Deponeret shredderaffald hos AV Miljø udtaget i 2006	Ja
9	Kurose et al, 2006	Kurose et al, 2006. "Heavy metals removal from automobile shredder residue (ASR)". Journal of Hazardous Materials B137 (2006): 1618-1623.	Artiklen er købt	Artiklen skrevet i 2005	Ja, men ikke beskrivelse af prøveudtagning og forberedelse
10	Zevenhoven & Saeed, 2003	Zevenhoven & Saeed, 2003. "Automotive shredder residue (ASR) and compact disc (CD) waste: options for recovery of materials and energy. *(Indeholder en opsamling af flere forskellige analyser af shredderaffald)*	http://eny.tkk.fi/library/publications/tkk-eny/tkk-eny-14.pdf	Indeholder tal fra 1995 til 2003	Nej
11	Shin-ichi Sakai, 2004	Shin-ichi Sakai, 2004. "Section VI. K.: Shredder Plants for Treatment of End-of-Life-Vehicles. Guidance by source category: Annex C, Part III Source Categories. Draft 15.04.04.	http://www.pops.int/documents/meetings/bat_bep/2nd_session/egb2_followup/draftguide/6Kshredderplants DRAFTb.pdf	Indeholder tal fra kilde fra 1999	Nej
12	Wood, 2002	Wood, 2002. "Draft Report. California's Automobile Shredder Waste Initiative". Department of Toxic Substances Control, November 2002. Hazardous Waste Management Program, Statewide Compliance Division, Sacremento, California.	http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/upload/HWMP_REP_ASW_draft.pdf	Tal fra 2000, 2001 eller 2002	Nej

Nr.	Betegnelse	Kilde	Fundet på	Analyser fra	Beskrivelse af analyse-metode
13	EN15308, 2007	EN 15308, 2007. "prEN 15308:2007-05 (E). Characterization of waste – Determination of selected polychlorinated biphenyls (PCB) in solid waste by using capillary gas chromatography with electron capture or mass spectrometric detection". CEN/TC 292/WG 5 N 494. *(Europæiske målinger af PCB i shredderaffald)*		Tal fra 2007	Ja, standard for måling af PCB

I de to efterfølgende tabeller (Tabel 3.2 og Tabel 3.3) er resultaterne fra analyser af shredderaffald angivet. Tabellerne dækker over undersøgelser fra før år 2000 og fra efter år 2000 i et forsøg på at se eventuelle ændringer i indholdskoncentrationer. Antallet af tidligere analyser er imidlertid for få til at kunne give et statistisk belæg for fald/stigning i indholdskoncentrationer for de forskellige stoffer.

En større tysk undersøgelse af shredderaffald over en lang årrække er gengivet i en tabel for sig (Tabel 3.4).

Herudover er en række analyseresultater fra andre steder i verden (f.eks. Japan, USA, Belgien) angivet i (Tabel 3.5 og Tabel 3.6), hvor resultaterne igen er opdelt fra før år 2000 og fra efter år 2000.

Tabel 3.2 Max. og min. målte værdier for tidligere danske analyser af shredderaffald (fra kilder fra 2000 og frem)

Parameter	Enhed	Min værdi	kilde	Max værdi	kilde
Brændværdi (nedre, tør)	MJ/kg	9,4 MJ/kg	1	14,9 MJ/kg	1
Askeindhold	%	9	1	79	1
Fugtindhold	%	2	1	16	1
Carbon	%	21,8	1	42,4	1
Hydrogen	%	2,7	1	5,3	1
Nitrogen	%	0,6	1	1,8	1
Cl	%	0,62	1	2,5	2
S	%	0,27	1	0,50	1
Br	%	< 0,005	1	0,023	8
F	%	0,01	1	0,022	1
Na	%	0,87	8	1,5	2
Mg	%	0,63	1	1,2	2
Al	%	1,2	1	2,35	5
Si	%	7,2	1	10,4	1
P	%	0,08	1	0,13	1
K	%	0,28	1	0,8	2
Ca	%	3,6	2	5,0	1
Ti	%	0,39	8	0,55	1
V	%	0,0039	8	< 0,01	1
Cr	%	0,04	2	0,12	1
Mn	%	0,09	1	0,19	8
Fe	%	1,4	8	17	1
Co	%	< 0,01	1	0,052	8
Ni	%	0,02	1	0,18	8
Cu	%	0,64	1	1,4	2
Zn	%	1,0	1	2,85	1
As	%	0,0029	8	< 0,01	1
Sr	%	0,024	8	0,04	1
Zr	%	0,02	1	0,03	1
Ag	%	< 0,01	1	< 0,01	1
Mo	%	0,002	1	0,01	1
Cd	%	0,004	2	< 0,01	1

Parameter	Enhed	Min værdi	kilde	Max værdi	kilde
Sn	%	0,01	1	0,038	8
Sb	%	< 0,01	1	0,03	1
Ba	%	0,21	8	1,59	1
Pb	%	0,14	1	0,3	2 og 8
Hg	%	< 0,01	1	< 0,01	1
PCB (sum)	mg/kg	5,55	8	5,55	8
PAH (sum)	mg/kg	7,4	8	7,4	8

De angivne procentdele er i vægtprocent. De opgivne værdier er for "dry basis (db)", dog er det ikke angivet i alle kilder om værdierne er for våd eller tør prøve.
Kilde 8 dækker over tal fra opgravet deponeret shredderaffald.

Tabel 3.3 Max. og min. målte værdier for tidligere danske (og enkelte svenske (kilde nr. 5)) analyser af shredderaffald (fra kilder fra 1985 og frem til år 1999).

Parameter	Enhed	Min værdi	kilde	Max værdi	kilde
Brændværdi (nedre, tør)	MJ/kg	17	5	32,02	6
Askeindhold	%	20	3	47,3	6
Fugtindhold	%	3	3	15	3
Carbon	%				
Hydrogen	%	3,1	6	4,0	6
Nitrogen	%				
Cl	%	0,00002	5	3,5	3
Br	%				
F	%	0,01	6	0,0238	3
S	%	0,00004	5	0,58	3
Na	%	0,054	6	0,054	6
Mg	%				
Al	%	0	3	16,9	5
Si	%				
P	%				
K	%	0,067	6	0,067	6
Ca	%				
Ti	%				
V	%				
Cr	%	0,0019	3	0,07	3
Mn	%				
Fe	%	2,0	6	20,7	5
Co	%				
Ni	%	0,005	6	0,06	3
Cu	%	0,0265	5	18,9	3
Zn	%	0,5	3	4,4	5
As	%	0,0006	3	0,0018	3
Sr	%				
Zr	%				
Ag	%				
Mo	%				
Cd	%	0,00011	5	0,0112	5
Sn	%				
Sb	%				
Ba	%				
Pb	%	0,067	6	1,2	5
Hg	%	0,00002	5	0,00068	5
PCB (sum)	mg/kg	0,5 mg/kg	5	295 mg/kg	5

De angivne procentdele er i vægtprocent. De opgivne værdier er for "dry basis (db)", dog er det ikke angivet i alle kilder om værdierne er for våd eller tør prøve.
Kilde 3 angiver værdier for raffineret shredderaffald, hvor komponenter er fjernet vha. magneter, elektromekanisk separation og ved mekanisk sigtning (5-12 mm), (Arbejdsrapport nr. 90, 1997).
Blanke celler indikerer manglende analyseresultater for disse parametre.

En tysk undersøgelse har siden 1985 undersøgt 1042 prøver af shredderaffald. Analyseresultaterne er ikke opdelt på de forskellige år, men angivet med min., max. og median-værdi for de udtagne prøver. 80 % percentilen er desuden angivet, dvs. 80 % af prøverne ligger indenfor denne værdi. Der er ikke analyseret for alle parametre for samtlige 1042 prøver.

Tabel 3.4 Max. og min. målte værdier for tidligere tyske analyser af shredderaffald – resultater fra 1985 til 2004 (Shredderabfälle, 2004)

Parameter	enhed	Antal prøver	Min værdi	Max værdi	Median	80 % percentil
Fugtindhold	%	439	0,6	49	9	4
Glødetab	%	198	0,4	83	51	60
Sb	mg/kg TS	4	100	678	(100)	(331)
As	mg/kg TS	31	1,7	350	38	53
Pb	mg/kg TS	35	799	40000	3100	5920
Cd	mg/kg TS	112	0,23	550	38	55
Cr	mg/kg TS	20	110	11200	509	827
Fe	mg/kg TS	50	4,9	333000	74900	205000
Co	mg/kg TS	3	1	200	(134)	(173)
Cu	mg/kg TS	106	0,24	409800	10700	29000
Mn	mg/kg TS	12	1196	4000	2000	2920
Mo	mg/kg TS	2	45	63	(54)	(60)
Ni	mg/kg TS	19	120	1570	630	1072
Hg	mg/kg TS	95	0,0011	48,3	1,9	5,0
Tl	mg/kg TS	7	0,2	50	(1,0)	(5,8)
Zn	mg/kg TS	105	0,83	104000	9370	12960
PCB (sum)	mg/kg TS	784	0,001	297	5,0	9,5
PAH (sum)	mg/kg TS	233	0,0074	715	40	86
TOC	%	66	0,60	53	14	33

I Tabel 3.5 og Tabel 3.6 er angivet en række analyseresultater for shredderaffald fra andre steder i verden (f.eks. Japan, USA, Belgien).

Tabel 3.5 Max. og min. målte værdier for tidligere udenlandske analyser af shredderaffald (fra kilder fra 2000 og frem)

Parameter	Enhed	Min værdi	kilde	Max værdi	kilde
Brændværdi (nedre, tør)	MJ/kg	7	10	16,7	10
Askeindhold	%	0,8	10	36,2	10
Fugtindhold	%	0,25	10	3,6	10
Carbon	%	32,8	10	60,2	10
Hydrogen	%	4,1	10	6,6	10
Nitrogen	%	0,6	10	4,5	10
Cl	%	0,1	10	2,5	10
S	%	0,2	10	0,6	10
Br	%	< 0,002	10	0,009	10
F	%	< 0,003	10	0,05	10
Na	%	0,71	10	0,71	10
Mg	%	0,87	10	0,87	10
Al	%	0,74	10	2,0	10
Si	%	2,1	10	7,7	10
P	%	0,7	10	0,7	10
K	%	0,27	10	0,27	10
Ca	%	4	10	4	10
Ti	%	0,9	10	0,9	10
V	%	< 0,0001	10	0,0001	10
Cr	%	0,0008	10	0,12	10
Mn	%	0,1	10		10
Fe	%	0,9	10	25,7	10
Co	%	< 0,0001	10	< 0,0001	10
Ni	%	0,0004	10	0,12	10
Cu	%	0,0492	12	4,2	12
Zn	%	0,3	12	1,9	10
As	%	0,0057	10	0,0063	10
Sr	%				
Zr	%				
Ag	%				
Mo	%				
Cd	%	< 0,00004	10	0,02	10

Parameter	Enhed	Min værdi	kilde	Max værdi	kilde
Sn	%	0,0067	10	0,022	10
Sb	%	< 0,0003	10	0,0043	10
Ba	%	0,58	10	0,58	10
Pb	%	0,09	12	5,34	12
Hg	%	< 0,00001	10	0,0015	10
PCB	mg/kg	0,59	12	320	10
PAH (sum)	mg/kg	10	10	36	10

De angivne procentdele er i vægtprocent. De opgivne værdier er for "dry basis (db)".
Blanke celler indikerer manglende analyseresultater for disse parametre.

Tabel 3.6 Max. og min. målte værdier for tidligere udenlandske analyser af shredderaffald (fra kilder fra 1985 og frem til år 1999).

Parameter	Enhed	Min værdi	kilde	Max værdi	kilde
Brændværdi (nedre, tør)	MJ/kg	26	10	26	10
Askeindhold	%	12,1	10	61	10
Fugtindhold	%	1,3	10	27,3	10
Carbon	%	17,5	10	56,6	10
Hydrogen	%	2,1	10	7,9	10
Nitrogen	%	0,5	10	3,1	10
Cl	%	0,05	10	3,7	10
Br	%				
F	%				
S	%	0,2	10	1,0	10
Na	%		10		10
Mg	%	0,05	10	0,8	10
Al	%	0,7	10	10,5	10
Si	%	9,5	10	9,5	10
P	%				
K	%				
Ca	%				
Ti	%				
V	%	< 0,015	10	< 0,015	10
Cr	%	0,028	10	0,18	10
Mn	%	0,036	10	0,11	10
Fe	%	3,3	10	15,7	10
Co	%	< 0,0033	10	< 0,0033	10
Ni	%	0,04	10	0,15	10
Cu	%	0,37	10	7,1	10
Zn	%	1,2	10	6,1	10
As	%	0,0011	10	0,005	10
Sr	%				
Zr	%				
Ag	%	< 0,0006	10	< 0,0006	10
Mo	%				
Cd	%	0,008	10	0,016	10
Sn	%	0,013	10	0,04	10
Sb	%	0,018	10	0,32	10
Ba	%	0,0012	10	0,5	10
Pb	%	0,01	10	1,1	10
Hg	%	0,00016	10	< 0,00049	10
PCB	mg/kg	1,1	11	380	11

De angivne procentdele er i vægtprocent. De opgivne værdier er for "dry basis (db)".
Blanke celler indikerer manglende analyseresultater for disse parametre.

3.1.1 Vurdering af shredderaffalds farlighed

Sammenlignes de danske analyser med de udenlandske analyser ses der ikke den store forskel i værdier. Generelt ligger værdierne på nogenlunde samme niveau – dog er der for bly fundet væsentlig højere koncentrationer 5,3 % i de danske sammenlignet med 0,3 % i de udenlandske målinger. Tallene viser også, at der er utrolige store variationsforskelle i målingerne, der selvfølgelig skyldes, at shredderaffald er et meget uensartet affaldsprodukt.

Baseret på ovenstående tidligere analyser er det ikke til at vurdere om indholdet af tungmetaller og/eller PCB er faldet de sidste par år. Der er ikke tydelige forskelle mellem tallene fra før år 2000 og efter år 2000, og desuden er der for få analyser til at kunne konkludere noget entydigt.

Tyske, svenske og danske måleresultater viser, at indholdet af PCB kan være under grænsen på 50 ppm (mg/kg) for klassificering som farligt affald, men der er også målinger, hvor indholdet af PCB ligger væsentligt over grænsen. De tyske analyser er de mest omfattende (flest analyser). Det ser ud til, at hovedparten af de tyske analyser holder sig under grænsen på de 50 ppm, da 80% fraktilen ligger under grænsen. Det er dog ikke til at læse ud af resultaterne, hvordan målingerne fordeler sig tidsmæssigt eller hvordan mængden af PCB fordeler sig på perioden 1985 til 2004.

Indholdet af PAH-forbindelser (sum) ligger i den nyere danske undersøgelse af opgravet shredderaffald på 0,00074 %, dvs. væsentlig under grænsen på 0,01 % for klassificering som farligt affald. De tyske analyser er de mest omfattende (flest analyser). Hovedparten af de tyske analyser holder sig under grænsen på 0,01 %, men der er målt værdier af PAH på op til 0,0715 %, dvs. over grænsen på de 0,01 % for klassificering som farligt affald.

Indholdet af bly ser i de "nyere" danske analyser, ud til at holde sig under eller omkring grænseværdien på 0,25 % (grænsen for klassificering som farlig for blyforbindelser), men der er for få analyser til at kunne give et entydigt svar på klassificeringen. Dog viser de tyske analyser, at mange af prøverne indeholder bly i mængder, der vil give en klassificering som farligt affald og de tidlige danske analyser viser også værdier, der vil medføre en klassificering som farligt. Den nyeste danske analyse (der godt nok dækker over opgravet deponeret shredderaffald, hvor udvaskning allerede kan være fundet sted) viser et blyindhold på 0,3 %, dvs. over grænsen for klassificering som farligt affald.

Indholdet af cadmium ligger generelt på omkring 0,01% og derunder, hvilket betyder, at affaldet ikke skal klassificeres som farligt pga. indholdet af cadmium (grænsen er på 0,01% for klassificering som farligt for enkelte cadmiumforbindelser), men værdier fra før år 2000 ligger over 0,01 %. Tilsvarende ligger indholdet af kviksølv under grænsen for klassificering for farligt affald (0,05 % for organiske kviksølvsforbindelser).

For chrom, cobalt, nikkel og zink ligger de seneste danske værdier lige over (dog for zink væsentlig over) grænserne for klassificering som farligt for disse metaller. Fælles for disse metaller gælder dog, at det kun er specifikke metalforbindelser såsom oxider, sulfater eller chlorider, der vil udløse denne klassificering som farligt.

Der mangler således nyere analyseresulater på "nyt" shredderaffald for at kunne vurdere om mængden af PCB og tungmetaller (især bly) ligger under grænsen for klassificering som farligt affald i dag. For at kunne være sikker på at kunne sammenholde "nye" analyseresultater med gamle, er det således yderst relevant at foretage analyser af både "nyt" og "gammelt" shredderaffald, hvor analysen er foretaget ud fra samme metode.

3.2 Metoder til prøveudtagning, prøveforberedelse og analyse af Shredderaffald

Der er foretaget en Internetsøgning på metoder til prøveudtagning, prøveforberedelse og analyse af shredderaffald. Det generelle billeder er, at analysemetoden enten ikke er beskrevet eller ikke er særlig velbeskrevet, når der er angivet analyseresultater for shredderaffald. Selve analysemetoderne kan godt være beskrevet, men der er ofte ingen eller mangelfulde oplysninger om prøveudtagning og prøveforberedelsen. Et yderligere problem er, at det ofte ikke er angivet, hvilken fraktion af shredderaffaldet, der analyseres på: før eller efter frasortering af jern og metaller, stor eller lille sigtefraktion osv.

Nedenfor gengives Miljøstyrelsens retningslinjer for prøveudtagning, forbehandling, analysering og klassificering af skrot, som også er gengivet og tilrettet i Miljøstyrelsens Arbejdsrapport nr. 90 fra 1997. Herudover beskrives, hvordan FORCE Technology gennem tiden har foretaget analyser af shredderaffald. Prøvetagning og analysemetoder anvendt i forbindelse med karakterisering af shredderaffald fra AV Miljø er også beskrevet (DHI, 2009).

3.2.1 Miljøstyrelsens retningslinjer for prøveudtagning, forbehandling, analysering og klassificering af skrot

Miljøstyrelsen har i 1996 udarbejdet nogle midlertidige retningslinjer for udtagning, forbehandling, analysering og klassificering af affald fra skrotbehandlingsanlæg. Retningslinjerne kaldes for midlertidige, men der henvises stadig til dem i Miljøstyrelsens Vejledning om farligt affald fra 2002. I de midlertidige retningslinjer beskrives følgende: (Miljøstyrelsen, 1996).

Prøveudtagning
I det omfang det er muligt, skal prøverne udtages fra et transportbånd eller tilsvarende. Prøverne udtages tilfældigt over tid, og der udtages min. 10 delprøver, der i alt fylder min. 10 liter.

Hvis der ikke kan udtages prøver fra en bevægende strøm, skal der tages højde for den naturlige sortering, så der tages delprøver bunkens top, bund, indre og ydre. Prøverne skal ledsages af en beskrivelse af det skrot, der har været behandlet under affaldsfrembringelsen.

Forbehandling
Affaldsfraktioner, der ikke allerede udelukkende er finkornede, fraktioneres ved hjælp af en sigte med en netmaske på 2 mm. Der anvendes tør sigtning. Sigtningen sker efter retningslinjerne i ISO 2591-1 ”Test sieving. Part 1: Methods using test sieves of woven wire cloth and perforated metal plate”.

Den frasigtede fraktion < 2 mm sammenblandes grundigt, hvorefter der udtages repræsentative prøver til analyse.

Den resterende fraktion > 2 mm sammenblandes grundigt, hvorefter der udtages en repræsentativ prøve på ca. 1 liter. Prøven opdeles som minimum i følgende fraktioner, der på baggrund af deres vægt angives i % af den samlede prøve med og uden den finkornede (< 2 mm) fraktion: Brandbart (træ, plast, gummi, papir/pap, stof, isoleringsskum, andet brandbart (beskrives)), ikke brændbart: (metal, sten, beton/tegl, glas, andet ikke brandbart (beskrives)). Der beskrives endvidere om prøven (> 2 mm) er oliefedtet, støvet, lugter mv.

Analysemetoder:
Der foretages analyser for at bestemme affaldets sammensætning. For metaller anvendes som udgangspunkt en partiel oplukning fremfor en total oplukning, da det interessante er indholdet af de på længere sigt potentielle mobile stoffer. Følgende analysemetoder foreslås:

- Kobber: DS 259/DS 263
- Bly: DS 259/DS 263
- Cadmium: DS 259/DS 263
- Nikkel: DS 259/DS 263
- Kviksølv: DS 259/SM 303F eller AOAC 25
- Chrom: DS 259/DS 284
- PCB: extraction med acetone og hexan og GC/ECD eller GC/MSD (SINTEF, 1996)
- Olie og fedt: GC/FID
- pH DS 287
- Tørstof/glødtab: 105 °C/550 °C

3.2.2 Tilretning af Miljøstyrelsens retningslinjer for prøveudtagning, forbehandling, analysering og klassificering af skrot

I Miljøstyrelsens Arbejdsrapprt nr. 90 fra 1997 om "Moderne, miljørigtig behandling af shredderaffald" har Uniscrap A/S og H.J.Hansen A/S kommenteret og tilrettet Miljøstyrelsens midlertidige retningslinjer for prøveudtagning, forbehandling, analysering og klassificering af skrot.

Uniscrap og H.J.Hansen kommenterer, at netop brugen af analyseresultaterne er vigtige. Hvis affaldet skal deponeres kan stumper af f.eks. aluminium betragtes som interte komponenter, hvorimod det ikke er tilfældet hvis affaldet skal forbrændes.

I Arbejdsrapporten kommenteres og udviddes Miløstyrelsens retningslinjer til følgende (metodebeskrivelsen til karakterisering af shredderaffaldet er beskrevet):

Prøveudtagning
Prøverne udtages om muligt fra faldende strøm (eller en eller anden form for bevægelse). Ved hjælp af en spand med rumfang på ca. 10 liter dækkes hele strømmes bredde. Der udtages mindst 10 delprøver af ca. 10 liter med et tidsinterval på ca. 1 minut.

Ved prøveudtagning fra lager mindre end 10 m^3 udtages min. 10 delprøver af 10 liter som for faldende strøm og fra lager over 10 m^3 udtages et antal delprøver á 10 liter ud fra følgende formel:

Minimum antal delprøver = 10 x log(m^3 lagerstørrelse)

Dvs. et lager på 100 m^3 (10 x 5 x 2 m) kræver 20 delprøver og et lager på 1000 m^3 (10 x 50 x 2 m) kræver 30 delprøver.

Råprøven skal på pladsen neddeles (reduceres) til en prøvestørrelse, der skal til analyse. På et fladt, hårdt og rent underlag (f.eks. fejet betongulv eller et stykke pap) udlægges råprøven som en aflang vold. Der udlægges en skovlfuld prøve fra midten og skiftevis ud i hver ende af volden. Når hele råprøven er lagt ud, deles den i 4 lige store dele. Hver anden del kasseres og med de to øvrige opbygges en ny aflang vold, der igen deles i fire, osv. Neddelingen

(reduceringen) stopper, når den endelige prøve er på 10-15 kg (30-40 liter). Prøven emballeres i tætsluttende plastsæk og sendes til laboratorium.

Prøveforberedelse
Prøven fortørres natten over i tørreskab ved max. 40 °C. Herefter skal prøven ekvilibreres et døgn ved stuetemperatur til konstant vægt.

Prøven sorteres i en metalfraktion > 5 mm og en restfratktion. Reduktion af > 5 mm fraktionen til < 5-10 mm sker vha. en pladesaks eller tilsvarende, hvorefter yderligere neddeling af prøven sker i en riffeldeler før formaling i en kuglemølle og snitmølle til < 1 mm.

Restfraktionen (dvs. < 5 mm) neddeles evt. først vha. en pladesaks til < 2-5 mm før formaling i en mølle.

De findelte metalfraktioner og restfraktioner sammenblandes i det rette forhold og homogeniseres. Der skal i alt være 100 g findelt prøve, der kan sendes til analyse.

For andet end almindeligt shredderaffald kan forbehandlingen tillempes, således, at der for prøver af sigtegennemfald straks riffeldeles til ca. 100 g prøve, der derefter formales i kuglemølle til < 1mm. Større metalstykker kan eventuelt klippes i pladesaks til < 2-5 mm før formaling i kuglemølle.

Analysemetoder
En analysefinhed på < 1 mm betragtes som værende et rimeligt kompromis imellem det ønskelige og praktisk mulige (jo grovere materiale desto større usikkerhed ved analysen).

Følgende analysemetoder er bl.a. nævnt:

- Aske: Foraskning i ovn ved 550 °C
- Brændværdi: ISO 1928
- Chlor: Forbrændes i lukket bombe under tryk, hvorved al tilstedeværende chlor omdannes til chlorid, som bestemmes ved titrering med $AgNO_3$.
- Fe og Al: Flamme-atomabsorption i en opløsning, der er fremkommet ved en trykoplukning af en 550 °C aske med HF/kongevand.
- Cd, Pb, Cu, Cr, Ni og Zn: Flamme-atomabsorption i en opløsning fremkommet ved trykoplukning af en analyseprøve med HF/HNO_3.
- Tungmetaller: XRF (kan dog kun bruges ved Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Pb og Fe, men ikke Al, Cd og Hg).

3.2.3 Karakterisering af deponeret shredderaffald fra AV Miljø

DHI har i juni 2006 udtaget deponeret shredderaffald fra AV Miljø med det formål at karakterisere shredderaffaldets farlighed og bestemme udvaskningen fra affaldet. (DHI, 2009)

3.2.3.1 Prøveudtagning
Der blev udtaget deponeret shredderaffald fra en bestemt celle af deponeret affald hos AV Miljø. I cellen blev der valgt 11 prøvetagningspunkter (spredt over cellens areal). I hvert af de 11 prøvetagningspunkter blev der foretaget

tre nedstik med en gravemaskine. Fra hver grabfuld blev der med en skovl udtaget en delprøve, som blev placeret i to plasttønder. På denne måde blev der udtaget sammenlagt 226 kg shredderaffald i plasttromlerne, som efterfølgende blev brugt til karakterisering af shredderaffaldet.

Resterne af de tre gange 11 nedstik med gravemaskine blev vejet og læsset i en container. Her blev i alt udtaget 11.480 kg, der blev brugt til udvaskningsforsøg (lysimetre) et år senere.

3.2.3.2 Forbehandling

De to plasttønder bestående af 226 kg shredderaffald fra i alt 11 forskellige steder fra en celle på AV Miljø, blev på DHI sigtet gennem et 10 mm sold. Dette gav to delfraktioner: 163 kg < 10 mm og 63 kg > 10 mm.

< 10 mm fraktion:

Denne fraktion blev yderligere homogeniseret (der er ikke beskrevet, hvad det består i) og reduceret i størrelse fra 163 kg til en prøvemængde på 32,77 kg ved metoden "coning and quatering"[1].

> 10 mm fraktion:

Denne fraktion blev yderligere homogeniseret (der er ikke beskrevet, hvad det består i) og reduceret i størrelse fra 63 kg til 12,25 kg ved metoden "coning and quatering", som derefter i en Retch SM2000 snitmølle blev knust eller flået til en partikelstørrelse < 10 mm.

De to fraktioner (på hhv. 32,77 kg og 12,25 kg) – nu begge på < 10 mm – blev derefter omhyggeligt blandet sammen og reduceret i størrelse til en samlet mængde på 11,66 kg ved metoden "coning and quatering". Denne prøve blev frasorteret 1,09 kg jern og sten.

Efter frasortering blev noget af prøven (efter yderligere nedknusning til < 4 mm) anvendt til udvaskningstest og noget af prøven (efter ydereligere nedknusning til < 2 mm) anvendt til faststofanalyser. Kun faststofanalyserne beskrives nærmere.

3.2.3.3 Analyser

En række uorganiske stoffer blev analyseret via forskellige oplukningsmetoder:

- 50% HF (1:1 fortyndet koncentreret flussyre)
- 50% HNO_3 + 45% HF + 5% $HClO_4$
- Alkalismeltning, eller
- Fosforsyre i overensstemmelse med EN 13137

En række organiske indholdsstoffer blev analyseret via følgende analysemetoder:

- Kulbrinter (benzen – C35): GC/FID
- BTEX-forbindelser[2]: GC/FID
- PAH-forbindelser: MK2004-GC/MS

---

[1] Metoden "coning and quatering" består i, at lægge affaldet i en dynge formet som en kegle ("cone"), hvorefter dyngen trykkes flad og deles i fire lige store dele. De to dele skråt overfor hinanden kasseres og de to andre dele gemmes. Proceduren gentages til passende prøvestørrelse.
http://material.eng.usm.my/stafhome/sam/XRay%20Laboratory.ppt#421,14,Slide%2014

[2] BTEX = Benzen, Toluen, Ethylbenzen og Xylener

- PCB'er: MK2004-GC/MS
- TOC: EN 13237-B

3.2.4 FORCE Technologys egne analyser af shredderaffald

FORCE Technology (det tidligere dk-TEKNIK) har for kunder udført analyser af shredderaffald. Her beskrives tre forskellige eksempler – alle foretaget i 1990'erne. Fælles for alle analyser er, at prøven er sendt til laboratoriet, der således ikke har været involveret i selve prøvetagningen.

Eksempel 1
Efter fortørring er der sket en frasortering af større emner af metal og glas. Mængden af frasorteret metal og glas regnes som 100% inert aske (dvs. når de målte koncentrationer fra prøven frasorteret metal og glas omregnes til den indleverede prøve).

Analysemetoder anvendt er følgende:

- Aske: ISO 1171 modificeret til 550 °C
- Brændværdi: ISO 1928
- Chlor: PVA 411.2
- Hydrogen: ISO 12902 (Vario El)
- Svovl: ASTM D3177B, modificeret

Eksempel 2
Efter fortørring er der sket en frasortering af uformalbare komponenter, som er nærmere opgjort i typer (letmetal, magnetisk jern, kobber incl. plast fra ledninger, sten og glas). Mængden af frasorterede emner er regnet som 100% inert aske, når der omregnes til total mængde indleveret prøve.

Analysemetoder anvendt er følgende:

- Aske: ISO 1171 ved 815 °C (i dag anvendes dog 550 °C)
- Brændværdi: ISO 1928
- Chlor: PVA 411.2
- Svovl: ASTM D3177B

Eksempel 3
Der er ikke foretaget nogen frasortering af større emner. Emnerne er derimod knust, hakket, klippet, skåret eller malet til en "total analyseprøve".

Analysemetoder anvendt er følgende:

- Aske: ISO 1171 modificeret til 550 °C
- Brændværdi: ISO 1928
- Chlor: PVA 411.2
- Hydrogen: ISO 12902 (Vario El)
- Al og Fe: Tryk(total)oplukning af 550° aske i HF/kongevand efterfulgt af måling ved AAS-flamme teknik. Ved foraskning kan der tabes flygtige metaller, hvorfor andre analysemetoder er anvendt her.
- Cd, Pb, Cu, Cr, Ni og Zn: Trykoplukning af analyseprøve i HF/HNO_3 med efterfølgende AAS-måling ved AAS-flammeteknik.

- Hg: Kaloriometerbombeoplukning efterfulgt af måling ved AAS-flammeløs teknik. Denne analysemetode anvendes dog ikke længere.

4 Analyser af shredderaffald

4.1 Beskrivelse af bedste egnede metode til prøveudtagning, forbehandling og analyse

I det følgende beskrives den analysemetode (inkl. prøveudtagning), der på baggrund af deskresearchen af tidligere analyser af shredderaffald, samt FORCE Technologys erfaringer med kemiske analyser og analyser af shredderaffald vurderes som værende den bedst egnede til at udføre analyser af shredderaffald.

Analysemetoden er bl.a. baseret på allerede beskrevne metoder til analyser af skrot, som Miljøstyrelsens retningslinjer for prøveudtagning, forbehandling, analysering og klassificering af skrot, som er gengivet i Miljøstyrelsens Arbejdsrapport nr. 90 fra 1997. Metoden er blevet tilrettet, med det formål, at vi i dette forprojekt gerne skulle opnå informationer til bl.a. at kunne økonomisere en endelig analysemetode i et evt. hovedprojekt med langt flere analyser af shredderaffald. Der er så vidt muligt foreslået anerkendte internationale analysestandarder.

Denne beskrivelse er en central del af formålet med dette forprojekt, og den beskrevne fremgangsmåde skal betragtes som en vejledning for hvordan analyser af shredderaffald gennemføres.

4.1.1 Prøveudtagning

Prøveudtagningen foretages stort set som beskrevet i Miljøstyrelsens Arbejdsrapport nr. 90 fra 1997, hvori der er lagt vægt på, at prøverne udtages fra en løbende strøm af shredderaffald.

Der udtages 10-20 delprøver af 10 liter, som herefter neddeles (dvs. reduceres i størrelse/vægt, eksempelvis via metoden "coning and quatering") til en endelig prøve på 10 liter, der kan sendes til analyse. De 10-20 delprøver kan neddeles som beskrevet i Miljøstyrelsens Arbejdsrapport ved at blive lagt på et rent underlag[3], hvor halvdelen af den samlede udtagne mængde kasseres indtil der er ca. 10-15 kg prøve tilbage.

Prøveudtagning kan enten ske direkte fra shredderen – eller hvis dette ikke er muligt – på deponiet, hvor lastbiler ankommer med "nyt" shredderaffald, der skal deponeres. Prøveudtagning kan i så fald ske i en "løbende strøm" fra lastbilen, når den læsser af, men det vil kræve et passende arrangement (i form af en tragt og eventuelt et transportbånd) for at det vil kunne lade sig gøre i praksis – et arrangement, der er med til at fordyre prøveudtagningsprocessen.

[3] I arbejdsrapporten nævnes bølgepap som det rene underlag, der skal bruges. Bølgepap vil dog kunne opsuge eventuelle olier, som vi gerne vil bestemme totalindholdet af ved analysen. Men spørgsmålet er hvad der kan bruges i stedet, når det samtidigt skal kunne holde til at skovle på det. I praksis anvendes formentlig en passende plads on-site som f.eks. et plant og rengjort betongulv.

Denne prøveudtagning beskriver udelukkende prøveudtagning for "nyt" shredderaffald. Miljøstyrelsens Arbejdsrapport nr. 90 forholder sig ikke til, hvordan der skal udtages prøver af "gammelt" dvs. deponeret shredderaffald, men i rapporten tages der dog stilling til, at der ved prøveudtagning fra lager (container, bunke, lastbil eller lignende) skal udtages et stigende antal delprøver – f.eks. 30 delprøver, hvis lageret er på 1000 m^3.

I teorien skal prøveudtagningen fra deponeret shredderaffald foregå på samme måde som for "nyt" shredderaffald, dvs. der skal udtages 10-20 delprøver fra en løbende strøm af affald. Dvs. i teorien bør hele det pågældende deponi opgraves og flyttes via en "løbende strøm". Dette vil i praksis være en uoverkommelige og meget dyr opgave, så i virkeligheden bør DHI-metoden anvendes (DHI, 2009), hvor der foretages et nødvendigt antal nedstik jævnt fordelt i deponiet med en gravemaskine. Her kan så opnås en løbende strøm ved at udtage delprøver fra eksempelvis "faldende" affald fra en gravkos grab, som igen kræver et passende arrangement (tragt m.m.) for at prøveudtagningen kan lade sig gøre i praksis. Det er imidlertid en udgift, der er med til at fordyre analyseprisen pr. analyse væsentligt, men kan være nødvendigt for at få udtaget en repræsentativ prøve af "gammelt" shredderaffald, der kan have "sat sig" (mindre dele faldet til bunds).

Vi stiler efter en endelig laboratorieprøve på ca. 10 kg shredderaffald. 10 kg er godt nok meget lidt i forhold til hvor heterogen prøven er, men til gengæld er 10 kg en enorm mængde i forhold til den tid det vil tage at oparbejde prøven til repræsentativ(e) analyseprøve(r). Jo større en laboratorieprøve jo større forbehandlingstid, der er med til at fordyre analyseprisen per prøve.

4.1.2 Forbehandling

Forbehandlingen af analyseprøverne sker som skitseret i Figur 4-1.

Vægten af de ca. 10 kg prøve bestemmes nøjagtigt, hvorefter prøven lufttørres ved lav temperatur (max. 40 grader) for at fjerne frit vand og bringe prøven i ligevægt med omgivelsernes temperatur og fugtighed, så prøven kan håndteres også uden at fugtindholdet ændres. Mængden af afgivet vand ved lufttørringen registreres.

Efter lufttørring fraktioneres prøven i forskellige størrelsesfraktioner ved forsigtig, portionsvis håndsigtning på f.eks 3 størrelser trådsigter (og en sigtebund):

- Sigte 1, f.eks 10 mm
- Sigte 2, f.eks 4 mm
- Sigte 3, f.eks 1 mm[4]

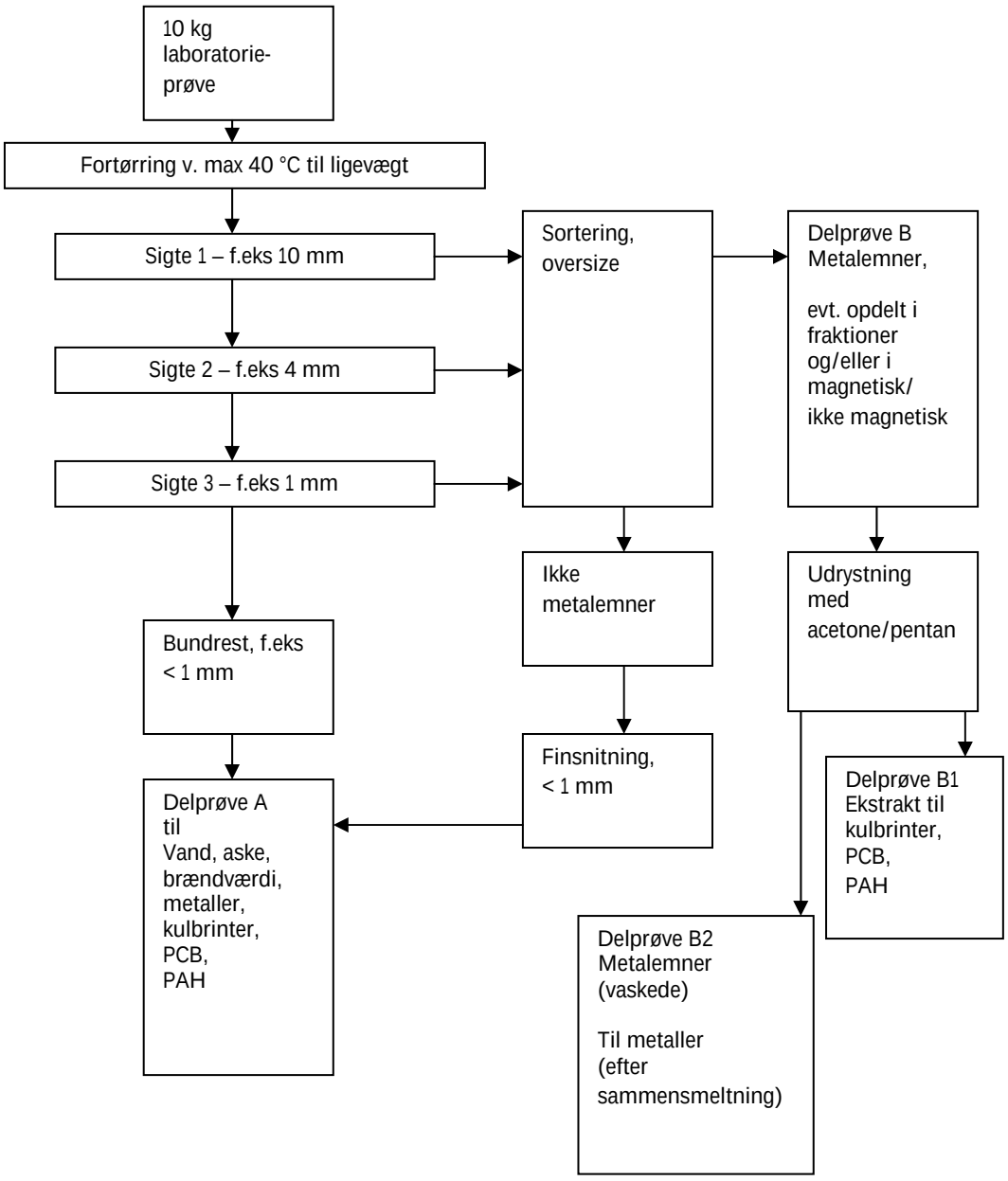
Det på sigterne tilbageholdte materiale sorteres (efter visuel bedømmelse) i metalemner (delprøve B) og ikke-metalemner (går til delprøve A). Alle ikke-metalemner reduceres forsigtigt i størrelse (uden varmeudvikling) afhængig af emnerne enten manuelt eller i en passende mølletype (f.eks snitmølle eller mini-shredder) til en top size på 1 mm og sammenblandes omhyggeligt med sigteprocessens bundfraktion.

Det er dog ikke nødvendigvis så enkelt at foretage den visuelle sortering i metalemner og ikke-metalemner. Der findes "kombiemner", såsom

[4] Evt. 2 mm afhængig af hvad der er praktisk muligt. DHI anvendes 2 mm som den mindste størrelsesfraktion (DHI, 2009).

kobberledninger med plast, bildæksstumper med metalindlæg, printkort osv. Emner, som i hvert enkelt tilfælde kræver en vurdering. Ligeledes vil metalemner kunne indeholde ikke-metal"snask" i f.eks. hulrum. Denne visuelle sortering er således tidskrævende og fordyrende for analyseprisen. Selve sigteprocessen vil også være ret tidskrævende, da der f.eks. vil kunne være store totter af kapok som fylder, emner, der sætter sig fast i sigten osv. Desuden er det kun muligt at sigte på én sigte (og bund) af gangen.

Figur 4-1: Skitse af forbehandling af shredderaffaldsprøver inden analyser



Vægten af denne < 1 mm (evt. 2 mm) fraktion bestemmes, hvorefter der udtages delprøver heraf (delprøve A) til analyse for:

- Indhold af kulbrinter, BTEX[5]
- Indhold af PAH
- Indhold af PCB

[5] BTEX = Benzen, toluen, ethylbenzen og xylen.

- Indhold af vand/restfugt
- Aske (ved 550 °C)
- Øvre brændværdi samt indhold af hydrogen for beregning af effektiv brændværdi
- Indhold af chlor og svovl
- Indhold af metaller, såsom Al, Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Co og Hg[6]

Vægten af de 3 metalemnefraktioner (delprøve B) bestemmes. Disse 3 fraktioner kan evt. videresorteres, f.eks i magnetisk/ikke magnetisk metal (selvom der er en risiko for at de fleste emner vil blive hevet med op ved at køre en elektromagnet henover emnerne).

De 3 metalemnefraktioner sammenblandes (eller hvis hensigtsmæssigt, behandles hver for sig) og udrystes/ekstraheres med opløsningsmiddel - acetone/pentan (REFLAB metode 4, 2008). Metalemnerne frasorteres ekstraktet ved gennemhældning på 1 mm sigten, hvorefter opløsningsmiddelrester afdampes og vægten af de ekstraherede/vaskede metalemner (delprøve B2) bestemmes.

Ekstraktet (delprøve B1) analyseres for indhold af kulbrinter, PCB og PAH. Dette gøres for at få et billede af, i hvor høj udstrækning kulbrinter, PAH og PCB vil forefindes sammen med de større metalemner. Det vil være relevant i forhold til et hovedprojekt at undersøge, hvor det primære indhold af kulbrinter, PCB og PAH forekommer – i metal og/eller ikke-metal fraktion.

For de ekstraherede/vaskede metalemner (delprøve B2) kan foretages bestemmelse af sammensætning (metaller). Det vil imidlertid nok være umuligt at reducere tykkere metalemner til en tilstrækkelig lille partikelstørrelse. Det er imidlertid muligt (dog for portioner på max. 500 g) at sammensmelte metalemnerne til en homogen prøve, hvoraf der kan udtages analyseportioner (eksempelvis i form af en boreprøve). En sådan fremgangsmåde har den fordel, at en XRF analyse vil give et ret sikkert resultat (i modsætning til analyse på en heterogen prøve fremstillet ved en eller anden størrelsesreduktion). Der vil eventuelt kunne suppleres med en vådkemisk analyse for nogle af metallerne identificerede ved XRF analysen.

I forhold til at finde den bedst egnede analysemetode til et hovedprojekt, vil det være oplagt at foretage både XRF analyse og vådkemisk analyse på de sammensmeltede metaller (delprøve B2) – i hvert fald på de 1-2 første shredderaffaldsprøver. Ved en sammensmeltning af metallerne bør vi kunne opnå så homogen en prøve, at vi opnår så god en overensstemmelse mellem XRF resultaterne og de vådkemiske analyseresultater, at vi fremover kan nøjes med de billigere og hurtigere XRF målinger.

Ligeledes foreslår vi, at delprøve A analyseres for indhold af metaller både via XRF og ved en vådkemisk analyse. For delprøve A forventer vi at se en betydende variation mellem XRF resultaterne og de vådkemiske analyseresultater, idet der her er tale om en meget heterogen prøve (og XRF er en overflademåling). Ved at foretage begge typer bestemmelse vil kunne opnås information om, til et hovedprojekt, hvorvidt der ved en XRF analyse kan opnås acceptable resultater for metalindhold i denne fraktion af shredderaffaldet.

[6] Antallet af metaller, der bestemmes er afhængig af analysemetode. Anvendes f.eks. XRF bestemmelse er det oplagt at angive indhold af samtlige metaller.

Idet vægten af alle fraktioner registreres, frasorterede metalemner regnes som 100 % aske og at mængden af ekstraherede organiske forbindelser fra metalemnerne regnes som ubetydelig, kan der foretages beregning af f.eks brændværdi og metalindhold for den samlede laboratorieprøve.

Fordelen ved at frasortere de større metalemner som beskrevet er, at forbehandling af disse svært neddelbare emner kan håndteres separat. Herudover opnås for prøvens indhold af metaller en indikation af i hvilket omfang disse foreligger som større metalemner.

4.1.3 Analyse

I dette afsnit angives de analysemetoder vi vil anvende i forbindelse med analyse af de angivne parametre, og relevante analysemetoder diskuteres. Der er så vidt muligt foreslået anerkendte internationale analysestandarder.

4.1.3.1 Askeindhold
Askeindhold bestemmes ved 550 °C jf. CEN/TS 14775 for faste biobrændsler eller EN 15169 for affald (anviser dog bestemmelse af glødetab), som anvendt i tidligere analyser af shredderaffald foretaget af FORCE Technology og som beskrevet i Arbejdsrapport nr. 90 fra Miljøstyrelsen.

4.1.3.2 Øvre brændværdi
Øvre brændværdi bestemmes via ISO 1928 (for faste mineralske brændsler) eller CEN/TS 14918 (for faste biobrændsler), som anvendt i tidligere analyser af shredderaffald foretaget af FORCE Technology og som beskrevet i Arbejdsrapport nr. 90 fra Miljøstyrelsen.

4.1.3.3 Hydrogen
For at kunne beregne den effektive brændværdi (nedre brændværdi) ud fra den fundne øvre brændværdi er det nødvendigt at bestemme prøvens indhold af hydrogen.

Indholdet af hydrogen bestemmes ved instrumentel metode, f.eks ISO/TS 12902, 2001 (for faste mineralske brændsler) eller CEN/TS 15104 (for faste biobrændsler).

4.1.3.4 Svovl
For at kunne korrigere brændværdien er det desuden nødvendigt at kende svovlindholdet. For shredderaffald er svovlindholdet beskedent og korrektionen er betydningsløs i sammenligning med den øvrige usikkerhed på analyseresultaterne. (Arbejdsrapport nr. 90, 1997)

Svovlindhold kan eventuelt bestemmes ved oxygenbombemetode jvf. CEN/TS 15289 (for faste biobrændsler) eller EN 14582 (for affald).

4.1.3.5 Chlor
Chlorindholdet bestemmes ved oxygenbombemetode jvf. CEN/TS 15289 (for faste biobrændsler) eller EN 14582 (for affald).

4.1.3.6 Vand/restfugt
Vand/restfugt bestemmes i delprøve A. Det totale vandindhold i shredderaffaldsprøven findes ved at summere det afgivne vand ved fortørringen med restfugtindholdet i den fortørrede prøve, idet de frasorterede metalemner (delprøve B) regnes som tørre. Restfugten bestemmes som

beskrevet i ISO 11722 (for faste mineralske brændsler), i CEN/TS 14774 Part 3 (for faste biobrændsler) eller EN 14346.

4.1.3.7 Kulbrinter, BTEX og PAH[7]

Kulbrinter, BTEX og PAH bestemmes via REFLAB metode 4: 2008, hvor der ekstraheres med acetone/pentan (1:1) og efterfølgende detekteres med GC-FID for kulbrinter (i intervallet fra benzen til n-C_{40}-alkan) og GC-MS for BTEX og PAH'er. REFLAB metode 4 minder om ISO 16703, men i stedet for ekstraktion med heptan og acetone, og efterfølgende tilsætning af vand, anvendes ekstraktion med acetone og pentan.

Evt. kan anvendes EN 15527, 2008 for bestemmelse af PAH i affald ved brug af GC/MS og EN 14039, 2004 for bestemmelse af kulbrinteindhold (C_{10}-C_{40}) i affald ved gaschromatografi.

4.1.3.8 PCB[8][9]

PCB bestemmes ved ekstraktion med opløsningsmiddel (dichlormethan) og efterfølgende detektion med GC/MS, hvilket var den analysemetode vi havde mulighed for at anvende i dette projekt. Fremadrettet bør EN 15308, 2008 for bestemmelse af PCB i affald anvendes som beskrevet i Bekendtgørelse nr. 252 af 31.3.2009 om deponeringsanlæg. Ifølge EN 15308, 2008 anvendes der ikke dichlormethan som ekstraktionsmiddel, men i stedet acetone eller hexan-lignende solventer.

4.1.3.9 Metaller, såsom Al, Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Co og Hg

Som udgangspunkt har vi lagt op til at metaller i både delprøve A og delprøve B2 dels bestemmes via XRF og dels at udvalgte metaller bestemmes ved vådkemisk analyse (for de første 1-2 analyser af shredderaffald). På baggrund af de opnåede resultater vurderes hvorvidt det vil være acceptabelt for de følgende prøver kun at anvende den hurtigere og billigere XRF analyse.

Inden valg af analysemetode for metallerne er det væsentligt at overveje, hvad resultaterne skal bruges til. En vådkemisk analyse med total oplukning vil give de totale indhold af metallerne i prøverne - ligesom XRF. Udvaskningstests resulterer i den andel af metalindholdet, der kan udvaskes ved de specificerede betingelser i den aktuelle metode. Som en slags mellemting kan foretages en vådkemisk analyse med partiel oplukning (som DS 259), som i og for sig kan repræsentere en slags "worst case" udvaskning.

Til dette projekts formål er det de totale indhold af metallerne, der er interessante. Dels er det de totale indhold, der er afgørende for klassificeringen som farligt eller ikke farligt affald og dels er det de totale indhold af metallerne, der er interessant i forhold til, hvis shredderaffaldet i fremtiden skal forbrændes. Derfor skal anvendes en totaloplukning ved den vådkemiske bestemmelse af metalindhold i shredderaffaldet. Det er så spørgsmålet præcis hvilken oplukning, der er mest egnet. Umiddelbart foreslås følgende muligheder til en afprøvning:

---

[7] Her gør vi brug af Eurofins. Eurofins oplyser, at de anvender REFLAB metode 4, hvor der ekstraheres med acetone/pentan.

[8] Her gør vi brug af Eurofins. Eurofins angiver, at de anvender analysemetoden MK2004 GC/MS, og at der anvendes dichlormethan som ekstraktionsmiddel, hvorefter der analyseres ved GC/MS.

[9] Ifølge MST's PCB faktaark beregnes den samlede koncentration af PCB i affald som den analyserede koncentration af de 7 PCB kongenerer (PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180) ganget med 5 (Miljøstyrelsen, 2011).

Oplukningsmetode I – jf. EN 13656

EN 13656 (gældende for affald), hvor der anvendes oplukning af analyseprøven med HF/kongevand i mikrobølgeovn. Metoden er dog kun valideret for asker og slam (ikke for shredderaffald) og et problem kan også være at oplukningen indeholder HCl som er uhensigtsmæssigt ved en ICP-MS analyse (annvendes ved indhold af spormetaller på lavt niveau). Bestemmelse af indholdet af metaller i oplukningen vil derfor skulle foretages ved ICP-OES teknik.

Oplukningsmetode II (og IV) – jf. prEN 15290 Part A (og Part B)

En oplukning af analyseprøven med $HF/HNO_3/H_2O_2$ i mikrobølgeovn eller traditionel trykbombe jf. TC 335 draft 2009 for bestemmelse af "major elements" i faste biobrændsler)[10]. Denne oplukning er imidlertid kun afprøvet for faste biobrændsler og det kan måske være et problem, at manglen på HCl i oplukningen kan medføre ukomplet oplukning eller udfældning af metaller som Sn. Bestemmelse af indholdet af metaller i oplukningen kan foretages ved ICP-OES eller ICP-MS teknik (afhængig af de aktuelle indhold).

Stort set samme oplukningsmetode (i bilag A kaldet for metode IV – jf. prEN 15290 Part B) anvendes for delprøve B. Forskellen er mængden af afvejet prøvemængde og mængden af $HF/HNO_3/H_2O_2$, der anvendes til oplukning. prEN 15290 Part B er for asker/uorganisk materiale, hvorimod prEN 15290 Part A er for brændsler/organisk materiale.

Oplukningsmetode III – jf. dk-TEKNIK metode

En HF/kongevand oplukning i en traditionel trykbombe af fremstillet 550°C aske, som tidligere anvendt af FORCE (tidl. dk-TEKNIK) for shredderaffald (jf. eksempel 3 i afsnit 3.3.4). Fidusen ved oplukning af en fremstillet aske (ud fra analyseprøven) er, at dels kan der opnås afvejning af en mere homogen prøve (asken fremstilles ud fra en større mængde analyseprøve) og dels at den eventuelt genererende organiske matrix elimineres. Ved foraskningen kan der imidlertid ske afgivelse af flygtige metaller som Hg og Cd således, at oplukningen kun er egnet for de ikke flygtige metaller (som f.eks Fe, Al og Cu). Som ved EN 13656 indeholder oplukningen HCl og bestemmelse af indholdet af metaller i oplukningen vil derfor skulle foretages ved ICP-OES teknik.

Til brug for analyserne af de tre shredderaffaldsprøver i dette projekt foretages en afprøvning af de tre ovenstående oplukningsmetoder for både delprøve A og delprøve B2. Alle tre oplukningsmetoder (metode I, II og III) anvendes på delprøve A (ikke-metal del), hvorimod de to anvendelige oplukningsmetoder til metal (ikke-organisk) anvendes på det sammensmeltede metal delprøve B2 (metode I og IV).

Det er imidlertid udelukkende for den første shredderaffaldsprøve, at der foretages henholdsvis de 3 eller 2 oplukningsmetoder, da bestemmelserne er dyre analyser. På basis af de opnåede resultater er den mest egnede oplukningsmetode (vådkemiske metode) til anvendelse for de efterfølgende to prøver (dog udelukkende budgeteret for delprøve A). Udover de beskrevne oplukningsmetoder anvendes også XRF bestemmelse for delprøve A og delprøve B2. Formålet med dette er at undersøge hvor god en metode XRF

[10] Der findes også et udkast for bestemmelse af "minor elements" i faste biobrændsler. Forskellen fra udkastet til "major elements" er anvendelse af mindre HF, hvilket nok ikke er hensigtsmæssigt i forbindelse med shredderaffald.

bestemmelse er sammenlignet med de vådkemiske metoder. Vi forventer dog, at XRF bestemmelsen vil være bedst til delprøve B2, hvor metaldelene er smeltet sammen til en homogen klump.

4.2 Analysemetode anvendt i praksis i dette projekt

Det følgende afsnit beskriver, hvordan prøveudtagning, forbehandling og analyser er udført i praksis på de tre shredderaffaldsprøver, der er udført i dette forprojekt.

For ikke at gentage en del af ovenstående tekst (fra afsnit 4.1) igen, er der udelukkende lagt vægt på at beskrive forskellene fra den ovenfor beskrevne metode, der vurderes at være bedst egnet til prøveudtagning, forbehandling og analyse af shredderaffald.

Som i alle projekter er økonomien en væsentlig faktor for projektets gennemførelse. Dette projekt er ingen undtagelse. Shredderanalyser er meget dyre analyser, hvorfor der ikke har været midler nok til at analysere for alle parametre på prøverne. Af samme årsag er prøveudtagningen samkørt med et i forvejen kørende projekt på DHI, således at analyserne er udført på shredderaffaldsprøver allerede udtaget af DHI fra et eksisterende depot.

4.2.1 Prøveudtagning

Som beskrevet ovenfor er det DHI, der har foretaget prøvetagningen af shredderaffaldsprøverne i forbindelse med et af deres igangværende projekter, hvor der udtages shredderaffaldsprøver. Shredderaffaldsprøverne er udtaget fra affaldsdepot hos RenoDjurs i maj 2009.

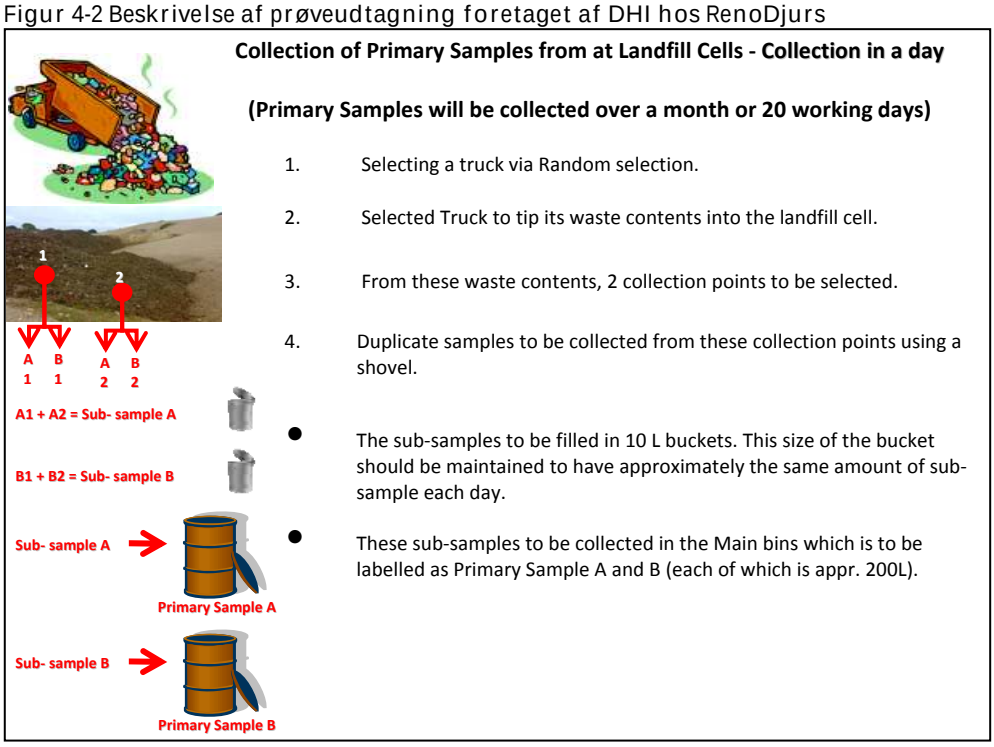
Prøverne er udtaget fra en tilfældig lastbil, der kom forbi og skulle læsse shredderaffald af. Der er ikke udtaget shredderaffald fra en løbende strøm, når affaldet blev læsset af – da det er svært at udføre i praksis, når man samtidigt skal undgå at blive ramt af faldende metalstykker. I stedet er der udtaget shredderaffald med en skovl fra to tilfældigt udvalgte punkter i den nyligt aflæssede shredderaffaldsbunke. Som illustreret i

Figur 4-2 bliver affald fra begge prøveudtagningspunkter en del af de enkelte delprøver. Hver delprøve udtages således fra to tilfældigt udvalgte punkter i en shredderaffaldsbunke (nyligt aflæsset). Der udtages to "ens" delprøver fra hvert af de to tilfældigt udvalgte punkter: delprøve A og delprøve B.

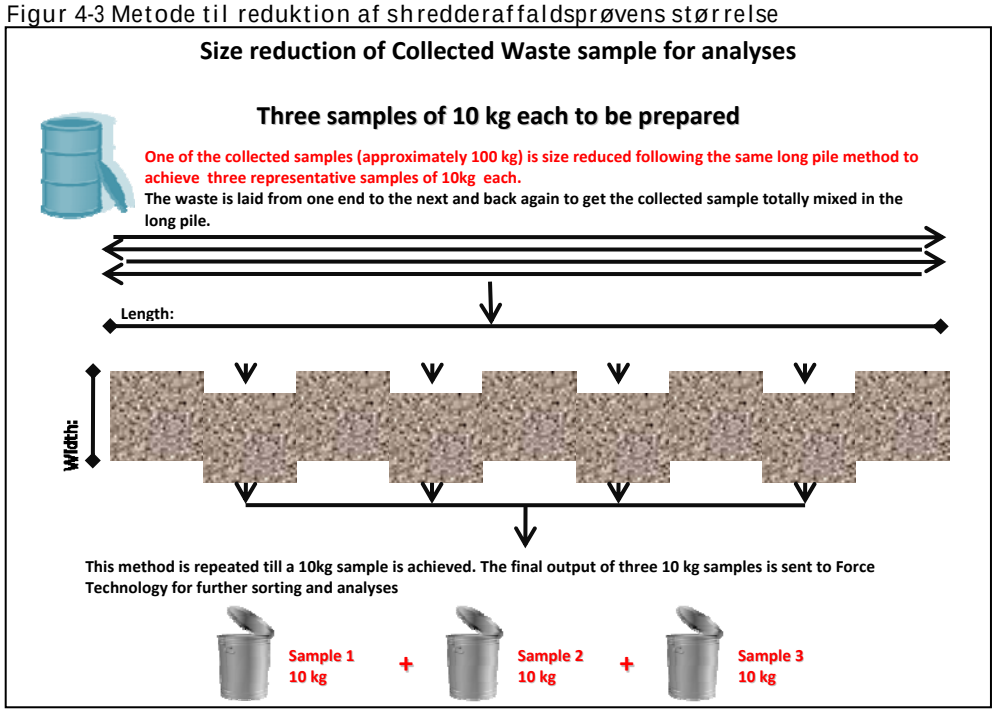
Hver delprøve består af ca. 10 liter shredderaffald. Over en periode på 20 arbejdsdage er der hver dag udtaget en delprøve fra en tilfældig lastbil fra to tilfældige punkter. Disse 20 delprøver bliver til en enkelt prøve bestående af 200 liter shredderaffald (kaldet primær prøver). Efter 20 arbejdsdage er der således to "ens" primærprøver a 200 liter.

Hver primærprøve repræsenterer således et gennemsnit af forskelligt shredderaffald samlet over 20 arbejdsdage. Med denne fremgangsmåde skulle der derfor være taget højde for, at eventuelle høje udsving af farlige stoffer i f.eks. en enkelt shredderaffaldsprøve, bliver udjævnet.

Figur 4-2 Beskrivelse af prøveudtagning foretaget af DHI hos RenoDjurs



Figur 4-3 Metode til reduktion af shredderaffaldsprøvens størrelse



Herefter reduceres prøvens størrelse (vægt) ved metoden illustreret i Figur 4-3. Det er ikke den tidligere beskrevne metode ”coning and quatering”, men princippet er tilsvarende, dvs. halvdelen af shredderaffaldsprøven kasseres af flere omgange indtil prøvens størrelse er reduceret til ca. 10 kg.

De to primære prøver på hver 200 liter er på denne måde blevet reduceret til tre 10 kilos prøver. Reduktionen i shredderaffaldsprøvernes størrelse er foretaget af DHI, hvorefter prøverne blev sendt til FORCE Technology for analyse.

Da der i dette forprojekt blot er budgetteret med analyse af tre shredderaffaldsprøver, blev det besluttet i samråd med DHI og Miljøstyrelsen, at de tre prøver, der skulle analyseres, skulle være fra samme primære prøve. Det vil alligevel ikke være muligt rent statistisk at kunne udtale sig om shredderaffaldets farlighed ud fra blot tre forskellige shredderaffaldsprøver fra tre forskellige kilder til shredderaffald. Ved at analysere fra samme primære prøve (dvs. fra samme 20 lastbiler og fra samme prøveudtagningspunkt) er det muligt at bruge resultaterne til at vurdere, hvor "nøjagtige" resultater vi kan få via analyserne. Variationen siger herved noget om usikkerheden på analyserne, usikkerheden på prøveudtagning og neddeling af prøven, samt variationen i shredderaffaldet (affaldets heterogenitet).

Af praktiske årsager var det ikke muligt at udtage alle tre shredderaffaldsprøver fra samme primære prøve. To shredderaffaldsprøve er således fra primære prøve A (prøve 1 og 2) og en shredderaffaldsprøve er fra primære prøve B (prøve 3). Primære prøve A og B er som tidligere nævnt udtaget nøjagtigt samtidigt og fra samme sted i de 2 x 20 bunker shredderaffald. Primære prøve A og B må således betragtes som "ens" – så "ens" som heterogent shredderaffald nu kan være.

De tre modtagne shredderaffaldsprøver fra DHI havde en vægt på henholdsvis 10,160 kg, 11,053 kg og 11,527 kg. Se bilag A for detaljer.

4.2.2 Forbehandling

Forbehandling blev udført som angivet i afsnit 4.1.2 Forbehandling, og som forudset var det ikke muligt at frasortere alt metal, ligesom frasorterede emner også kan indeholde andet end metal (se eksemplerne i bilag A). Et eksempel er kabler, der indeholder en blanding af plast og metal. Alle ikke-metal fraktioner (dvs. ikke frasorterede fraktioner) er blevet neddelt/reduceret i snitmølle eller kæbeknuser afhængig af materiale. Metaldelene, der er sorteret fra, er som beskrevet blevet smeltet sammen til en homogen prøve (delprøve B2) efter udrystning/ekstraktion med acetone/pentan.

Resultaterne gengivet i bilag A viser, at der er frasorteret henholdsvis 10,2 % (996,9 g), 7,9 % (836,2 g) og 10,4 % (1143,5 g) metalemner for de tre prøver.

4.2.3 Analyser

Pga. økonomiske hensyn er der ikke foretaget en fuld analysepakke af shredderaffaldet, men udelukkende følgende analyser for de tre shredderaffaldsprøver:

- Vandindhold
- Aske
- Øvre brændværdi
- Nedre brændværdi/effektiv brændværdi beregnet pba øvre brændværdi og indholdet af hydrogen og vand
- Metaller (bestemmes både ved XRF og 2-3 forskellige vådkemiske analysemetoder (af de 3 beskrevne metoder i rapportoplægget).

Delprøve A vil blive analyseret ved 3 forskellige vådkemiske analysemetoder og delprøve B2 ved 2 forskellige vådkemiske metoder. Men kun for den første af shredderaffaldsprøverne. For de to andre shredderaffaldsprøver anvendes også XRF på delprøve A og B2, men kun én vådkemisk bestemmelse (med den mest egnede metode vurderet på basis af resultaterne fra den første prøve) på dennes delprøve A)
    - Metallerne, der bestemmes er: Al, Ca, Mg, K, Na, Fe, Ti, Ba, S, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, V og Zn
- Svovl - bemærk, at svovl bestemmes ovenfor ved syreoplukning sammen med metallerne. Der er således ikke anvendt den beskrevne analysemetode (oxygenbombemetoden) for svovl (af øknomiske årsager)
- Hydrogen
- Total kulbrinter
- BTEX
- PAH
- PCB

Og følgende parametre udelades fra analyserne (pga. økonomien i projektet):

- Chlor
- Metallerne Si, P, Ag, Br, Sn og Zr (det vil fordyre analyserne væsentligt at medtage disse). Betydelige indhold vil dog muligvis kunne ses af XRF-screeningen.
- Cyanid
- Dioxiner (er dyre analyser)
- Furaner (er dyre analyser)
- TOC (total organic carbon)
- Nitrogen

Analyserne udført på de tre shredderaffaldsprøver er udførligt beskrevet i bilag A, og analyserne er som hovedregel udført, som beskrevet i afsnit 4.1.3 Analyse, dog var der visse analysevanskeligheder for nogle af analyserne. Disse vanskeligheder er kort gengivet her.

4.2.4 Oplukning af metaller ved vådkemiske analyser

Ved oplukning direkte i henhold til EN 13656 (oplukningsmetode I) for delprøve A kunne konstateres meget store mængder uopløst prøve tillige med en ødelæggelse af teflonbeholdernes overflade. Oplukningen blev derfor gentaget, idet temperaturen blev erstattet med samme temperatur-program som anvendt ved oplukningsmetode II (jf. prEN 15290 Part A). Med det modificerede temperaturprogram var der dog stadig store mængder uopløst i oplukningen, 35 % af afvejningsmængden kunne frafiltreres en oplukning, og der forekom stadig en ødelæggelse af teflonbeholdernes overflade. De angivne resultater i bilag A er derfor de opnåede resultater for den modificerede metode - selvom resultaterne opnået for oplukningerne efter den umodificerede metode ikke synes at afvige herfra i betydende grad. Ved anvendelse af denne oplukningsmetode til delprøve B2 blev den modificerede metode således også anvendt.

For de fremstillede oplukninger i henhold til prEN 15290 Part A (oplukningsmetode II) blev observeret en del uopløst prøve – 4 - 8 % af afvejningsmængden kunne frafiltreres oplukningerne.

Der kunne således generelt konstateres problemer med oplukninger ved brug af oplukningsmetode I og II, hvorimod oplukning ved oplukningsmetode III var komplet.

4.2.5 Sammensmeltning af de frasorterede metaldele – delprøve B2

Ved sammensmeltningen af metallerne på Degerfors Laboratorium skete der et tab i prøvemængden. Den tilsendte prøve blev tilfredsstillende smeltet, men i forbindelse med udstøbningen (og dermed afkøling og kontakt med luft) skete der en gaseksplosion som slyngede en stor del af smelten væk fra formen. Ifølge laboratoriet kan noget sådant især indtræffe ved indhold af zink i prøven. Indholdet af zink i udstøbningen skal derfor tages med forbehold (da en del af det oprindelige indhold kan være reageret med luft og gået på gasform). Også indholdet af titan skal ifølge laboratoriet tages med forbehold, da også titan kan reagere. Derfor er disse resultater angivet i parentes i skemaet i bilag A (shredderprøve 1).

4.3 Erfaringer – hvilke analysemetoder skal anvendes fremover?

På baggrund af resultaterne fra den første shredderaffaldsprøve blev der taget stilling til, hvilke af de vådkemiske metoder/oplukningsmetoder, der skulle anvendes til analyse af de sidste to shredderaffaldsprøver.

4.3.1.1 Kommentarer til delprøve A

Ved foraskning (metode III) opnås dels en indledende destruktion af det organiske materiale og dels en opkoncentrering af de uorganiske bestanddele. Til gengæld kan der ved foraskningen tabes flygtige uorganiske grundstoffer. For alle typer af prøver (metode I, II og III) vil der ske tab af kviksølv og der vil være risiko for tab (afhængig af hvordan grundstofferne foreligger i den aktuelle prøvetype) af især antimon, arsen, cadmium, svovl og zink. Ved sammenligning af de opnåede resultater (for metode III) med resultaterne for de to andre metoder (I og II) ses helt klart et tab af kviksølv. Derimod er der ikke tegn på tab af antimon, arsen, cadmium, svovl og zink.

Summen af de målte grundstoffer på oxid-basis for asken er 101 vægtprocent for metode III og henholdsvis 88 % og 82 % for metoderne I og II. For metode III ses da også generelt højere indhold af grundstofferne end for de to andre metoder – med undtagelse for kviksølv (som afgives ved foraskningen) og svovl (som også vil kunne afgives ved foraskningen og hvor der ved metode II er fundet noget højere indhold). Endelig måtte for både metode III og I konstateres problemer (vurderet ud fra medtagne kontrolprøver med samme oplukningsmatrix) ved bestemmelsen af vanadin ved ICP-MS teknik. Årsagen kan være at disse to oplukninger i modsætning til metode II indeholder saltsyre (HCl).

Metode III synes således generelt at være den mest egnede metode, men med den store ulempe, at den ikke kan anvendes til bestemmelse af indhold af kviksølv og sandsynligvis underestimerer indholdet af svovl. Resultaterne af Hg er dog så små på første shredderaffaldsprøve, at der skal være over 300 gange større mængder kviksølv i de efterfølgende to prøver førend det får betydning for en klassificering, som farligt pga. kviksølvindholdet alene.

Resultaterne for metode I og II er forholdsvist enslignende. For svovl, kobber og bly ses dog væsentlige lavere resultater for metode I i forhold til metode II (og III), hvorimod der for titan, cobolt, chrom, molybdæn og

nikkel ses væsentlige lavere resultater for metode II i forhold til metode I (og III). Med hensyn til chrom, molybdæn og nikkel skal dog bemærkes, at der var meget stor afvigelse mellem dobbeltbestemmelserne for metode I (se bemærkningerne i bilag A til shredderprøve 1). Metode I ødelagde desuden det anvendte teflonudstyr.

For indholdet af Pb, der kan få betydning for shredderaffaldets klassificering som farligt, giver metode III de højeste resultater (har også den højeste "genfindingsgrad" af metoderne).

For XRF bestemmelserne ses flere iøjnefaldende afvigelser fra de tre oplukningsmetoder. Det er især de meget lave resultater for kobber og bly som falder i øjnene. Også for jern, silicium, arsen, cadmium, mangan og zink giver XRF analysen betydeligt lavere resultater, hvorimod der for natrium ses et væsentligt højere resultat. De store afvigelser skyldes, at XRF er en overflademéling samtidig med, at den fremstillede analyseprøve er særdeles heterogen (består af alle mulige materialer, organiske som uorganiske). Det var derfor heller ikke forventet at XRF ville være en egnet metode til den heterogene delprøve A.

For de to efterfølgende prøver af shredderaffald i projektet blev der, ud fra et synspunkt om at den anvendte metode bedst muligt skal sikre en vurdering af affaldets farlighed, valgt at bruge metode III til den vådkemiske karakterisering af indholdet af metaller (sammen med XRF). Ulempen er selvfølgelig, at indholdet af kviksølv ikke kan bestemmes ved denne metode. For nærværende projekts vedkommende er imidlertid vurderet, at XRF metodens nedre målegrænse på 10 mg/kg er tilstrækkeligt for at afsløre et indhold nær grænsen for farlighed. Men det skal bemærkes, at vi ikke har afprøvet hvorvidt XRF bestemmelsen giver et nogenlunde korrekt billede af indholdet, hvis indholdet er > 10 mg/kg. Metode III kombineret med XRF bestemmelse er således anvendelig til det formål at bestemme shredderaffalds farlighed, hvis analyseudgifterne skal begrænses. Afhængig af formålet med analyserne kan det dog komme på tale at anvende en anden oplukningsmetode for kviksølv, som f.eks. en salpetersyreoplukning, jf. DS 259.

4.3.1.2 Kommentarer til delprøve B2 (metaldelen)

De anvendte oplukninger til delprøve B2 var helt tilfredsstillende. Summen af de målte indhold af grundstoffer var henholdsvis 120 % og 101 % for de to oplukningsmetoder. Metode I ser således ud til at måle et eller flere metalindhold for højt. Ved sammenligning med den anden anvendte oplukningsmetode ser det ud til at være især indholdet af jern (Fe) og i mindre grad kobber (Cu), der er for høje.

Af resultaterne ses en rimelig brugbar overensstemmelse mellem resultaterne ved XRF og resultaterne for de to vådkemiske metoder. Den eneste større afvigelse (større end en faktor 1½) ses for svovl, hvor der med XRF er målt 900 mg/kg hvor der ved de to vådkemiske metoder ikke fandtes målbart indhold (under henholdsvis 100 og 400 mg/kg).

For de to efterfølgende prøver af shredderaffald blev der kun foretaget XRF bestemmelse af delprøve B2, da der ses en rimelig brugbar overensstemmelse mellem XRF resultaterne og resultaterne for de to oplukningsmetoder.

4.3.1.3 Konklusion – hvilke analysemetoder skal anvendes fremover?

Analyserne udført på de tre shredderaffaldsprøver i dette projekt viser, at man med fordel kan anvende den langt billigere XRF bestemmelse på den sammensmeltede metaldel (delprøve B2). Der er fin overensstemmelse mellem XRF analyseresultaterne og resultaterne fra de to anvendte vådkemiske analyser for den shredderaffaldsprøve, hvor alle analysemetoder er blevet anvendt. For de frasorterede (og ved omsmeltning homogeniserede) metalemner er den hurtigere og billigere XRF bestemmelse altså anvendelig.

For delprøve A, der er langt mere heterogen bør XRF bestemmelse kombineres med en vådkemisk analyse, da de fleste metaller vil blive væsentlig underestimeret ved brug af XRF alene. Resultaterne fra bilag A viser, at værdierne ved XRF bestemmelse kan blive underestimeret med op til 9,4 gange (for bly). Resultaterne viser også, at mellem 15 og 19 af de i alt 24 metaller viser underestimerede værdier på mellem 1,03 og 9,4 gange for XRF bestemmelserne i forhold til den vådkemiske analyse (metode III). De resterende XRF værdier for de 5 til 9 metaller ligger enten på samme niveau eller over værdierne for de vådkemiske analyse. Det kan således ikke anbefales udelukkende at anvende XRF bestemmelse for delprøve A – ikke-metal delen, hvilket heller ikke var forventet, da XRF primært er anvendeligt på metaller.

De tre udførte oplukningsmetoder/vådkemiske metoder for første shredderprøve viser, at det er metode III, der er den bedst egnede for delprøve A (ikke-metal delen). Dog med den væsentlige bemærkning, at indholdet af kviksølv ikke kan bestemmes ved denne metode. Resultaterne viser imidlertid, at XRF metodens nedre målegrænse på 10 mg/kg er tilstrækkeligt for at afsløre et indhold nær grænsen for farlighed for kviksølv. Men det skal bemærkes, at vi ikke har afprøvet hvorvidt XRF bestemmelsen giver et nogenlunde korrekt billede af indholdet, hvis indholdet er > 10 mg/kg. Metode III kombineret med XRF bestemmelse er således anvendelig til det formål at bestemme shredderaffalds farlighed, hvis analyseudgifterne skal begrænses.

5 Analyser af shredderaffald – resultater

Resultaterne for analyserne af de tre shredderaffaldsprøver kan ses af bilag A. Rapporteringen vedrørende eventuelle bemærkninger for resultaterne og analysemetoderne anvendt kan desuden ses af bilag A. Herunder præsenteres de vigtigste resultater i forhold til hvad der er væsentligt for at kunne vurdere om shredderaffaldet skal anses som værende farligt eller ej.

5.1 Præsentation af de vigtigste resultater

5.1.1 Metaller

Tabel 5.1 Indhold af grundstoffer i de tre shredderaffaldsprøver – indhold i modtaget prøve, tør basis

Grundstof		Enhed	Prøve 1 total	Prøve 2 total	Prøve 3 total	Procentvis forskel min/max	Indholds-konc. (ppm) = farlig*
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	38.000	49.000	32.000	53%	
Barium	(Ba)	mg/kg TS	2.200	1.800	1.700	29%	
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	35.000	30.000	29.000	21%	
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	-	-	-	
Jern	(Fe)	mg/kg TS	150.000	105.000	120.000	43%	
Kalium	(K)	mg/kg TS	3.300	2.800	3.000	18%	
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	4.900	5.400	4.800	13%	
Natrium	(Na)	mg/kg TS	6.200	6.100	6.600	8%	
Phosphor	(P)	mg/kg TS	570	720	750	32%	
Svovl	(S)	mg/kg TS	2.700	2.200	1.800	50%	
Silicium	(Si)	mg/kg TS	77.000	75.000	78.000	4%	
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.400	3.500	3.400	3%	
Arsen	(As)	mg/kg TS	< 37	< 40	< 35	-	1.000
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	-	-	-	
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	-	-	-	
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	< 34	< 27	< 29	-	1.000
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	< 72	100	120	20%	100
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	2.000	4.900	11.000	450%	1.000
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	32.000	32.000	34.000	6%	250.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	1,1	< 10	< 9	-	500
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	1.400	1.500	1.600	14%	250.000
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	110	80	330	313%	
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	1.200	2.900	5.600	367%	1.000
Bly	(Pb)	mg/kg TS	13.000	11.000	4.600	183%	5.000
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	< 290	320	490	53%	2.500
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	-	-	-	50.000
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	260	240	210	24%	
Vanadin	(V)	mg/kg TS	72	70	71	3%	50.000
Zink	(Zn)	mg/kg TS	20.000	17.000	16.000	25%	50.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	-	-	-	

* Den indholdskoncentration, der ifølge listen over farlige stoffer udløser en klassificering som farlig. Se også afsnit 2.2 Klassificering af shredderaffald.
– Ikke målt.

Tabel 5.1 viser indholdet af forskellige grundstoffer. Samtlige grundstoffer, der normalt måles for er listet i tabellen, men ikke alle grundstoffer er målt i dette projekt. Det skal påpeges, at bla. tin (Sn), hvor grænsen for en

klassificering som farligt går ved 5 % indhold eller 50.000 mg/kg ikke er blevet målt i dette projekt. Dette skyldes udelukkende økonomiske årsager, da bestemmelse af tin ville have krævet en ekstra ICP-MS kørsel.

I tabellen er i yderste højre kolonne angivet den indholdskoncentration, for hvilken de enkelte grundstoffer vil resultere i en klassificering som farligt. Dette dog kun, hvis der foretages en konservativ vurdering, som det anbefales i Miljøstyrelsens vejledning om farligt affald (Vejledning nr. 6, 2002). Dvs. at det antages, at metallerne findes på den form, hvor de er mest farlige, dvs. ofte som metalforbindelser, f.eks. oxider eller chlorider, og ikke på metallisk form. Ofte er metallerne ikke farlige i sig selv på metallisk form. Dog er metallerne cadmium (Cd), nikkel (Ni), arsen (As) og cobolt (Co) som farlige på metallisk form – og zink (Zn) anses som farligt på pulverform.

Af Tabel 5.1ses således, at med konservative betragtninger, så må alle tre shredderaffaldsprøver (som også er udtaget fra samme bunker) vurderes som skulle klassificeres som farligt affald, da indholdskoncentrationerne af chrom, nikkel og bly ligger væsentligt over grænsen for klassificering som farligt. Indholdskoncentrationen af cobolt ligger lige omkring grænsen som farligt, som dog i prøve 3 er overskredet.

Med hensyn til zink, så er grænsen for at zinkforbindelser skal klassificeres som farligt på 1000 ppm (0,1 %) for zinkchromater, men 50.000 ppm (5 %) for andre forbindelser. Det har ikke været indenfor projektets ramme at redegøre for om zinkcromater findes i shredderaffald. Der er for zink anvendt grænsen på de 50.000 ppm, dvs. at ingen af de analyserede shredderaffaldsprøver skal klassificeres som farlige pga. zinkindholdet.

Indholdet af chrom er i prøve 3 overskredet grænsen som farligt 11 gange, hvorimod indholdet af nikkel ligger på en maksimal overskridelse på mellem 5 og 6 gange, bly ligger på en maksimal overskridelse på mellem 2 og 3 gange, og cobolt ligger på en maksimal overskridelse på 1,2 gange grænsen for en klassificering som farligt.

De i Tabel 5.1 angivne tal indeholder imidlertid også metalfraktionen af shredderaffaldet, dvs. de store klumper af ren metal, der ofte ikke er farlige, modsat metalforbindelser. Hvis man derfor udelukkende ser på indholdskoncentrationen af metallerne i delprøve A (omregnet til modtaget prøve) – og dermed ser bort for indholdet af rent metal (delprøve B2), så ser billedet lidt anderledes ud - som angivet i Tabel 5.2.

Herved er det udelukkende for metallet bly, at grænsen for klassificering som farligt affald overskrides — stadig med maksimalt ca. 2½ gang. Dog er det ikke alle tre shredderaffaldsprøver, der herved skal klassificeres som farligt. Udelukkende prøve 1 og 2, der er udtaget fra den samme primære prøve (A), skal klassificeres som farligt. Prøve 3, der er fra en anden primær prøve (B) ligger hermed under grænseværdien og skal derfor ikke klassificeres som farligt – og dette på trods af, at alle prøverne er udtaget nøjagtig samtidigt og fra samme shredderaffaldsbunke. Der er som nævnt anvendt en konservativ betragtning, dvs. det antages, at indholdet af bly er til stede i form af blychlorider (eller andre forbindelser), som må anses for sandsynligt, når shredderaffald typisk også indeholder chlor (dog ikke målt i dette projekt, men se eksempelvis Tabel 3.2.

Tabel 5.2 Indhold af grundstoffer i de tre shredderaffaldsprøver – indhold i delprøve A, tør basis, omregnet til modtaget prøve

Grundstof		Enhed	Prøve 1 Delprøve A	Prøve 2 Delprøve A	Prøve 3 Delprøve A	Procentvis forskel min/max	Indholds konc. = farlig*
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	21.000	22.000	16.000	38%	
Barium	(Ba)	mg/kg TS	2.200	1.800	1.700	29%	
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	35.000	30.000	29.000	21%	
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	-	-	-	
Jern	(Fe)	mg/kg TS	84.000	74.000	67.000	25%	
Kalium	(K)	mg/kg TS	3.300	2.800	3.000	18%	
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	4.900	5.400	4.800	13%	
Natrium	(Na)	mg/kg TS	6.200	6.100	6.600	8%	
Phosphor	(P)	mg/kg TS	540	690	510	35%	
Svovl	(S)	mg/kg TS	2.600	2.200	1.800	44%	
Silicium	(Si)	mg/kg TS	77.000	74.000	77.000	4%	
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.400	3.500	3.300	6%	
Arsen	(As)	mg/kg TS	26	30	24	25%	1.000
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	-	-	-	
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	-	-	-	
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	23	17	18	35%	1.000
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	51	37	28	82%	100
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	250	270	260	8%	1.000
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	19.000	20.000	20.000	5%	250.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	1,1 [1)]	< 10 [1)]	< 9 [1)]	-	500
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	870	870	720	21%	250.000
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	34	24	20	70%	
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	250	220	220	14%	1.000
Bly	(Pb)	mg/kg TS	13.000	10.000	3.800	242%	5.000
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	270	300	290	11%	2.500
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	-	-	-	50.000
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	260	240	210	24%	
Vanadin	(V)	mg/kg TS	61 3)	54	39	38%	50.000
Zink	(Zn)	mg/kg TS	20.000	17.000	16.000	25%	50.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	-	-	-	

* Den indholdskoncentration, der ifølge listen over farlige stoffer udløser en klassificering som farlig. Se også afsnit 2.2 Klassificering af shredderaffald.
– Ikke målt.
1) Indhold bestemt ved ED-XRF, idet Hg afgives ved foraskningen i metode III

5.1.1.1 Kommentar til analyserne

Variationer i "ens" shredderaffald

Som beskrevet i forrige kapitel repræsenterer de tre shredderaffaldsprøver "ens" shredderaffald. Dvs. prøverne er taget fra de samme 20 bunker shredderaffald. De tre shredderaffaldsprøver må således betragtes som "ens", så "ens" som heterogent shredderaffald nu kan være.

Resultaterne af analyserne bekræfter også dette. I kolonnen "Procentvis forskel min/max" i Tabel 5.1 og Tabel 5.2 er angivet den procentvise forskel mellem den mindst målte værdi og den højest målte værdi for de tre prøver. Tallene viser, at der for langt de fleste metaller er målt en forskel på under 100 % indbyrdes mellem de tre prøver. For prøverne som helhed (Tabel 5.1) er der en større variation i de målte indholdskoncentrationer for metallerne chrom, molybdæn, nikkel og bly, hvor den målte forskel varierer mellem 183 % for bly og 450 % for chrom. Resultaterne fra delprøve A (Tabel 5.2) derimod viser, at der udelukkende er en større variation i de målte indholdskoncentrationer for bly på 242 %.

Analysemetoder - Vådkemiske analyser kontra XRF
Resultaterne for delprøve A viser generelt en uoverensstemmelse mellem resultaterne fra den vådkemiske analyse (metode III) og XRF bestemmelse – især er nogle metaller væsentlig underestimeret (såsom aluminium (Al), silicium (Si), kobber (Cu), bly (Pb), jern (Fe) og zink (Zn)). Konklusionen er således, at det for bestemmelse af metalindhold i shredderaffald er nødvendigt at bruge en (besværlig og dyr) vådkemisk metode. For frasortede metalemner er XRF bestemmelsen anvendelig, såfremt disse forinden homogeniseres ved en omsmeltning.

Resultaterne for den første prøve viste, at det er hensigtsmæssigt indledningsvist at destruere de organiske stoffer ved at foraske prøven (ved 550 °C) inden oplukning med syrer - da den meget komplekse blanding af plastikmaterialer, gummi, tekstil, træ og mange andre materialetyper vanskeliggør en total direkte oplukning trods højt tryk og temperatur. Vi har derfor valgt at bruge denne oplukning som den vådkemiske metode for de to følgende prøver i projektet (Metode III) - på trods af, at der ved denne metode ikke kan bestemmes kviksølv (som afdamper ved foraskningen). Et eventuelt betydende indhold af kviksølv forventes imidlertid afsløret af XRF bestemmelsen. Det skal dog pointeres, at vi ikke har afprøvet hvorvidt XRF bestemmelsen giver et nogenlunde korrekt billede af indholdet, hvis indholdet er > 10 mg/kg. For fremtidige analyser af shredderaffald (den brændbare del), vil det for bestemmelse af indhold af metaller være nødvendigt at supplere oplukningen Metode III med en oplukning specielt for bestemmelse af indhold af kviksølv, såfremt dette ønskes bestemt mere præcist. Kviksølvforbindelser er generelt ikke særligt tungtopløselige og en enkel (og generelt meget anvendt) oplukning med salpetersyre iht DS 259 vil kunne anvendes.

5.1.2 Organiske stoffer

Tabel 5.3 viser totalindholdet af organiske stoffer i de modtagne prøver på tør basis.

I tabellen er i yderste højre kolonne angivet den indholdskoncentration, for hvilken de enkelte organiske forbindelser vil resultere i en klassificering som farligt. Dette dog kun, hvis der foretages en konservativ vurdering, som det anbefales i Miljøstyrelsens vejledning om farligt affald (Vejledning nr. 6, 2002). Dvs. at det antages, at kulbrintefraktionerne findes på den form, hvor de er mest farlige, dvs. som f.eks. naphtha klassificeret som kræftfremkaldende (med CARC2). Ikke alle kulbrinter er nødvendigvis klassificeret som kræftfremkaldende og anses som farlige i koncentrationer over 0,1 %.

Af Tabel 5.3 ses således, at med konservative betragtninger, så må alle tre shredderaffaldsprøver vurderes som skulle klassificeres som farligt affald, da indholdskoncentrationerne af summen af kulbrintefraktionerne (på grund af den høje kulbrintefraktion) ligger væsentligt over grænsen for klassificering som farligt.

Summen af de undersøgte PAH'er ligger under grænsen for klassificering som farligt affald (dog omkring de 50 % af denne grænse) og summen af PCB'er ligger langt under grænsen for klassificering som farligt affald.

For alle shredderaffaldsprøver gælder, at den organiske fraktion i delprøve B1 (udrystning af metaldelene i acetone/pentan) er ubetydelig i forhold til den organiske fraktion i delprøve A (ikke-metal delen).

Tabel 5.3 Indhold af organiske stoffer i modtaget prøve, tør basis

Analyseparameter	Enhed	Prøve 1 i alt	Prøve 2 i alt	Prøve 3 i alt	Procentvis forskel min/max	Indholds-konc. = farlig[1)]
Aromatiske kulbrinter						
Benzen	mg/kg TS	0,65	< 0,20	4,4	577%	1000
Toluen	mg/kg TS	1,9	< 0,20	< 0,19	0%	50.000
Ethylbenzen	mg/kg TS	4,7	4,8	5,5	17%	250.000
SUM Xylener	mg/kg TS	39	12	19	225%	
o-Xylen	mg/kg TS	27	0,34	4,3	7841%	125.000
m+p-Xylen	mg/kg TS	7,7	6,6	8,7	32%	125.000
SUM BTEX	mg/kg TS	42	12	23	250%	
Kulbrintefraktioner						
Benzen-C10	mg/kg TS	130	110	190	73%	1000 (benzen)
>C10-C15	mg/kg TS	240	170	210	41%	
>C15-C20	mg/kg TS	990	710	790	39%	
>C20-C40	mg/kg TS	20.000	14.000	15.000	43%	
SUM af kulbrinter (Benzen-C40)	mg/kg TS	21.000	15.000	17.000	40%	1000
Polychlorerede biphenyler						
PCB nr. 28	mg/kg TS	< 0,03	0,078	0,084	8%	
PCB nr. 52	mg/kg TS	< 0,03	0,12	0,13	8%	
PCB nr. 101	mg/kg TS	< 0,03	0,11	0,12	9%	
PCB nr. 118	mg/kg TS	< 0,03	0,062	0,10	61%	
PCB nr. 138	mg/kg TS	< 0,03	0,072	0,10	39%	
PCB nr. 153	mg/kg TS	< 0,02	0,041	0,070	71%	
PCB nr. 180	mg/kg TS	< 0,01	0,012	0,015	25%	
SUM af de nævnte PCB'er		< 0,18	0,495	0,619	25%	
Samlet koncentration af PCB[2)]	mg/kg TS	< 0,9	2,475	3,095		50
PAH-forbindelser						
Naphthalen	mg/kg TS	4,1	1,5	2,5	173%	
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,25	0,16	0,31	94%	
Acenaphthen	mg/kg TS	0,75	1,2	0,89	60%	
Fluoren	mg/kg TS	1,2	1,3	1,2	8%	
Phenanthren	mg/kg TS	8,1	5,0	7,1	62%	
Antracen	mg/kg TS	1,3	1,0	1,4	40%	
Fluoranthen	mg/kg TS	7,3	5,0	3,8	92%	
Pyren	mg/kg TS	6,2	4,0	3,2	94%	
Benz (a)anthracen	mg/kg TS	2,2	1,6	0,83	165%	
Chrysen/Triphenylen	mg/kg TS	2,1	2,5	2,2	19%	
Benzo(b+j+k)fluoranthen	mg/kg TS	5,3	2,7	2,1	152%	
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	2,6	1,3	0,98	165%	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	1,7	0,67	0,55	209%	
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,64	0,22	0,14	357%	
Benzo(g, h,i) perylen	mg/kg TS	2,7	1,1	0,89	203%	
SUM EPA-PAH'er	mg/kg TS	47	29	28	68%	100

1) Den indholdskoncentration, der ifølge listen over farlige stoffer udløser en klassificering som farlig. Se også afsnit 2.2 Klassificering af shredderaffald.

2) Ifølge Miljøstyrelsens faktaark om PCB (Mijløstyrelsen, 2011) udregnes den samlede koncentration af PCB som summen af de 7 PCB (PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180) congenerer ganget med en faktor på 5.

5.1.2.1 Kommentar til analyserne

Variationer i "ens" shredderaffald
Som beskrevet i forrige kapitel repræsenterer de tre shredderaffaldsprøver "ens" shredderaffald. Dvs. prøverne er taget fra de samme 20 bunker shredderaffald. De tre shredderaffaldsprøver må således betragtes som "ens", så "ens" som heterogent shredderaffald nu kan være.

Resultaterne af analyserne bekræfter også dette. I kolonnen "Procentvis forskel min/max" i Tabel 5.3 er angivet den procentvise forskel mellem den mindst målte værdi og den højest målte værdi for de tre prøver. Tallene viser, at der for enkelte af kulbrintefraktionerne kan være enorm stor forskel (> 7000 %) mellem de tre analyserede shredderaffaldsprøver. Ser man på summen af de enkelte kulbrintefraktioner ligger forskellen mellem de tre prøver dog alle under 100 %, dvs. forholdsvis ens værdier.

5.2 Hvilke indholdsstoffer gør shredderaffaldet farligt?

Konklusionen på de foretagne shredderaffaldsprøver er således, at alle tre shredderaffaldsprøver må betragtes som værende farligt affald, når der anvendes en konservativ vurdering. Det var forventet, at alle tre shredderaffaldsprøver ville få den samme overordnede vurdering, da de tre prøver er udtaget fra samme bunker shredderaffald.

Det er metallet bly, samt kulbrinter (dvs. olier), der er afgørende for at det undersøgte shredderaffald skal klassificeres som farligt affald.

Der er imidlertid behov for langt flere analyser af shredderaffald for at vurdere om shredderaffald i dag generelt skal betragtes som værende farligt affald eller ej. I dette projekter er der blot analyseret på tre "ens" shredderaffaldsprøver.

Resultaterne af de tre "ens" shredderaffaldsprøver viser, at det er muligt at få rimeligt ens analyseresultater på forskellige prøver udtaget fra samme primære prøve. Variationerne, der i langt de fleste ligger på under 100 %, skyldes dels usikkerhed på prøveudtagningen og neddelingen af prøven, dels variationenen i shredderaffaldet (affaldets heterogenitet) og endelig selve analyseusikkerheden. Man må således forvente en del usikkerhed indenfor de tre "ens" prøver, men en samlet variation for langt de fleste parametre på under en faktor 2, er helt klart acceptabelt.

For enkelte metaller forekommer en langt større variation mellem de tre prøver på op til 450 % for chrom.

Det kan dog konkluderes, at det er muligt at få forholdsvis "ens" resultater på tre "ens" shredderaffaldsprøver på trods af den forholdsvise lille prøvestørrelse i forhold til affaldets store heterogenitet. De 10 kg som prøvestørrelse må således betragtes som en fornuftig prøvestørrelse, selvom det er klart at en større prøvestørrelse vil udjævne variationer i shredderaffaldet, men vil kræve ekstra omkostninger til neddeling af materialet.

For fremtidige shredderaffaldsanalyser i et eventuelt hovedprojekt til dette projekt, kan det konkluderes, at det er unødvendigt at analysere for organiske forbindelser i den frasorterede metaldel (delprøve B1). Her er indholdet af

organiske forbindelser ubetydeligt i forhold til det totale indhold af organiske forbindelser. Disse analyser kan således spares væk.

I forhold til en bestemmelse af shredderaffaldets farlighed kan det også overvejes udelukkende at måle for indholdet af grundstoffer på delprøve A ved fremtidige shredderaffaldsprøver, idet det kan antages, at den rene metalfraktion ikke har betydning i forhold til shredderaffaldets farlighed. Herved kan analyserne af metaldelen (delprøve B) spares væk. Det afhænger dog klart af formålet med analyserne om denne udeladelse vil give mening.

Yderligere har analyserne vist, at den vådkemiske metode III kombineret med XRF bestemmelse for delprøve A vil være det mest optimale i forhold til at analysere for metaller, der er interessante i forhold til en klassificering som farligt affald. XRF alene har vist sig for usikkert til bestemmelse af metalindhold for ikke-metaldelen. Den vådkemiske metode III har dog den store ulempe, at den ikke kan anvendes til bestemmelse af indhold af kviksølv. Kviksølv ser ud til at kunne måles ved XRF bestemmelse, selvom dette er en usikker metode. For dette projekts formål vurderes det, at XRF metodens nedre målegrænse på 10 mg/kg er tilstrækkeligt for at afsløre et indhold nær grænsen for farlighed. Men det skal bemærkes, at vi ikke har afprøvet hvorvidt XRF bestemmelsen giver et nogenlunde korrekt billede af indholdet, hvis indholdet er > 10 mg/kg. Metode III kombineret med XRF bestemmelse er således anvendelig til det formål at bestemme shredderaffalds farlighed, hvis analyseudgifterne skal begrænses. Afhængig af formålet med analyserne kan det dog komme på tale at anvende en anden oplukningsmetode for kviksølv, som f.eks. en salpetersyreoplukning, jf. DS 259.

Tin, der kan have en betydning for shredderaffaldets klassificering som farligt, men som ikke er bestemt i dette projekt, kan bestemmes ved ekstra analysearbejde, men vil kun være nødvendig, hvis der ikke for f.eks. kulbrinter eller bly bliver målt koncentrationer, der udløser en klassificering som farligt affald.

6 Referencer

Arbejdsrapport nr. 90, 1997. ”Moderne, miljørigtig behandling af shredderaffald”. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen. Nr. 90. 1997. Forprojekt. Uniscrap A/S og H.J. Hansen Holding A/S. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.

At-intern instruks nr. 19, 2007. ”PCB-holdige bygningsmaterialer”. 22. oktober 2007. http://www.at.dk/sw45041.asp

BEK 224, 2011. ”Bekendtgørelse om affald” af 7.3.2011. Affaldsbekendtgørelsen. Miljøministeriet.

Börjesen et al, 2000. ”Characterization of automotive shredder residues from two shredding facilities with different refining processes in Sweden”. Waste Management & Res. 2000: 18: 358-366.

CEN/TS 14774, 2004. ”Solid biofuels. Methods for determination of moisture content – Oven dry method”.

CEN/TS 14775, 2004. ”Solid biofuels. Method for the determination of ash content”.

CEN/TS 14918, 2005. ”Solid biofuels. Method for the determination of calorific value”.

CEN/TS 15104, 2005. ”Solid biofules. Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen – Instrumental methods”.

CEN/TS 15289, 2006. ”Solid biofuels. Determination of total content of sulphur and chlorine”.

Dansk Byggeri, 2007. ”PCB. Sådan håndterer du PCB-holdige vinduer”, Cirkulært nr. 344/08.11.2007. http://www.danskbyggeri.dk/C1257228004A0004/sysOakFil/cirk344/$File/cirk344.pdf

DHI, 2009. ”Grundlæggende karkaterisering af prøve af shredderaffald i forbindelse med lysimeterforsøg ved KMC og Aftercare-projektet ved AV Miljø”, DHI januar 2009/OH.

EN 13656, 2002. ”Characterization of waste. Microwave assisted digestion with hydrofluoric (HF), nitric (HNO_3), and hydrochloric (HCl) acid mixture for subsequent determination of elements.”

EN 14039, 2004. ”Characterization of waste. Determination of hydrocarbon content in the range of C10 to C40 by gas chromatography”.

EN 14582, 2007. ”Characterization of waste. Halogen and sulphur content. Oxygen combustion in closed systems and determination of methods”.

EN 15169, 2005. ”Characterisation of waste. Determination of loss on ignition in waste, sludge and sediments”.

EN 15308, 2007. ”prEN 15308:2007-05 (E). Characterization of waste – Determination of selected polychlorinated biphenyls (PCB) in solid waste by using capillary gas chromatography with electron capture or mass spectrometric detection”. CEN/TC 292/WG 5 N 494.

EN 15308, 2008. ”EN 15308:2007. Characterization of waste. Determination of selected polychlorinated biphenyls (PCB) in solid waste by using capillary gas chromatography with electron capture or mass spectrometric detection”.

EN 15527, 2008. ”Characterization of waste. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in waste using gas chromatography mass spectrometry (GC/MS)”.

EU Direktiv 75/439. ”Rådets direktiv af 16. juni 1975 om bortskaffelse af olieaffald 75/439/EØF” med senere ændringer – konsolideret version 28.12.2005. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1975L0439:20051228:DA:PDF

EU Direktiv 96/59. ”Rådets direktiv 96/59/EF af 16. september 1996 om bortskaffelse af polychlorbiphenyler og polychlorterphenyler (PCB/PCT)”. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0059:DA:HTML

ISO 589, 2008. ”Hard coal – Determination of total moisture”.

ISO 1928, 1995. ”Solid mineral fuels – Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method, and calculation of net calorific value”.

ISO 2591-1, 1988. ”Test sieving. Part 1: Methods using test sieves of woven wire cloth and perforated metal plate”.

ISO/TS 12902, 2001. ”Solid mineral fuels – Determination of total carbon, hydrogen and nitrogen – Instrumental methods”.

ISO 16703, 2004. “Soil quality – Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography”, 2004.

Kurose et al, 2006. ”Heavy metals removal from automobile shredder residue (ASR)”. Journal of Hazardous Materials B137 (2006): 1618-1623.

Miljøprojekt nr. 1055, 2006. ”Metoder til behandling af tungmetalholdigt affald – Fase 3”, J Cramer, FORCE Technology et al. Miljøministeriet, Mijløstyrelsen.

Miljøprojekt nr. 1133, 2006. ”Undersøgelse af mulighederne for termisk oparbejdning af mekanisk separeret shredderaffald”, E Møller Nielsen, HJ Hansen Genvindingsindustri A/S et al. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Miljøstyrelsen, 1996. ”Midlertidige retningslinjer for udtagning, forbehandling, analysering og klassificering af affald fra

skrotbehandlingsanlæg". Internt notat, Miljøstyrelsen, Erhvervsaffaldskontoret, 28. maj 1996, J. nr. M313-0078.

Miljøstyrelsen, 2011. "PCB Fakta ark", senest opdateret 25. januar 2011. http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/C74C4B22-B5E3-40D5-B62E-70DA84DA5013/0/PCBfaktaarkopdateret25januar2011.pdf

REFLAB metode 4, 2008. "Bestemmelse af kulbrinter, BTEX og PAH i jord ved gaskromatografi". REFLAB metode 4: 2008, 2. udgave, godkendt 02-01-2008. http://www.reference-lab.dk/media/3654/metode_4_2008_2_udg.pdf

Schleicher & Jensen, 2006. Rapport nr. 34, 2006. "Vurdering af PCB emissionsgrænseværdien", O. Schleicher og AA Jensen, FORCE Technology. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for måling af emissioner til luften.

Shin-ichi Sakai, 2004. "Section VI. K.: Shredder Plants for Treatment of End-of-Life-Vehicles. Guidance by source category: Annex C, Part III Source Categories. Draft 15.04.04. http://www.pops.int/documents/meetings/bat_bep/2nd_session/egb2_followup/draftguide/6KshredderplantsDRAFTb.pdf

Shredderabfälle, 2004. "Shredderabfälle: Leichfraktion und Filterstaub aus Abluftreinigung", Stand 08.12.2004. http://ww.lua.nrw.de/abfall/bewertung/DBShredder.pdf

SINTEF, 1996. "Nordic Guideline for Chemical Analysis of Contaminated Soil Samples". NORDTEST-prosjekt 1143-93, STF27 A95040, SINTEF Oslo, January 1996.

Vejledning nr. 6, 2002. "Vejledning om farligt affald", Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6, 2002.

Wood, 2002. "Draft Report. California's Automobile Shredder Waste Initiative". Department of Toxic Substances Control, November 2002. Hazardous Waste Management Program, Statewide Compliance Division, Sacremento, California. http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/upload/HWMP_REP_ASW_draft.pdf

Zevenhoven & Saeed, 2003. "Automotive shredder residue (ASR) and compact disc (CD) waste: options for recovery of materials and energy. Ron Zevenhoven, Loay Saeed. Final report for study funded by Ekokem Oy Ab support funding, 2002. Report TKK-ENY-14. Helsinki University of Technology, Energy Engineering and Environmental Protection. Espoo, April 2003.

Bilag A
Analyse af tre shredderaffaldsprøver

I dette bilag præsenteres resultaterne for de tre analyserede shredderaffaldsprøver i mere uddybet form.

Rekvirent :

Task 109-21042.25
vedr.:
Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

Journal nr.:U09-784

2009.11.11

PRØVNINGSRAPPORT

Undersøgelse af fast brændsel

Sag. nr.	:	109-21042.25
Rekvisitions nr.	:	-
Prøve modtaget d.	:	2009.09.11
Prøvningstermin	:	2009.09.11 – 2009.11.11

Resultaterne for prøvningen findes på side: 2 – 11 samt bilag 1 - 3

FORCE Technology

Susanne Westborg
Specialist

Kemisk Analyse

Rene Hansen
Tekniker

Kemisk Analyse

Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag med FORCE Technology's skriftlige tilladelse. De "Almindelige betingelser" på bagsiden er en integreret del af vor ydelse.
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner.

GTS ADVANCED TECHNOLOGY GROUP

FORCE Technology Norway AS
Claude Monets allé 5
1338 Sandvika, Norge
Tel. +47 64 00 35 00
Fax +47 64 00 35 01
e-mail info@forcetechnology.no
www.forcetechnology.no

FORCE Technology Sweden AB
Tallmätargatan 7
721 34 Västerås, Sverige
Tel. +46 (0)21 490 3000
Fax +46 (0)21 490 3001
e-mail info@forcetechnology.se
www.forcetechnology.se

FORCE Technology, Hovedkontor
Park Allé 345
2605 Brøndby, Danmark
Tel. +45 43 26 70 00
Fax +45 43 26 70 11
e-mail force@force.dk
www.force.dk

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Prøve af : Shredderaffald
Mærket : I. DHI. RenoDjurs shredder residue sample 1

Prøvens størrelse : 10,160 kg Emballage : Tæt plast spand

Vandindhold

Hele den modtagne prøve blev tørret til ligevægt med omgivelserne (ved max. 40 °C):

Afgivet vand ved ligevægtstørring ("Frit vand") **3,5** % m/m, modtaget prøve

Ved antagelse af, at restfugtigheden i de frasorterede metalemner er ubetydelig og at restfugtigheden i den resterende del af prøven svarer til indholdet af vand i den fremstillede analyseprøve, er beregnet:

Vandindhold, total **5,9** % m/m, modtaget prøve

Forbehandling/sortering

Den ligevægtstørrede prøve er sigtet på 10 mm, 4 mm og 1 mm sigter. Vægten af de enkelte fraktioner er bestemt, hvorefter uformalbare metalemner er frasorteret og vejet:*

Fraktion	Fraktionsvægt, g	Fraktionsandel, % m/m	Frasorteret, uformalbare metalemner		
			g i alt	(heraf g magnetisk)	Fraktionsandel, %m/m
> 10 mm	4242,4	43,3	663,9	(232,7)	6,8
4 – 10 mm	1573,4	16,1	248,6	(67,6)	2,5
1 - 4 mm	1561,4	15,9	80,1	(41,2)	0,8
< 1 mm	2418,2	24,7	4,3	(0,4)	< 0,1
I alt	9795,4	100	996,9	(341,8)	10,2

** Det er ikke muligt at frasortere alt metal, ligesom frasorterede emner også kan indeholde andet end metal, se eksemplerne i bilag 1.*

Den samlede mængde af frasorterede, uformalbare metalemner (Delprøve B) er udrystet/ekstraheret med acetone/pentan. På ekstraktet (Delprøve B1) er foretaget bestemmelse af de organiske analytter. Af den ekstraherede rest (Delprøve B2) er fremstillet en homogeniseret prøve til bestemmelse af indhold af metaller/grundstoffer, idet delprøve B2 er 2-delt og den ene ½-del er sammensmeltet i højfrekvensovn på et speciallaboratorium til en homogen blok.

Fraktionerne af ligevægtstørret prøve eksklusiv de frasorterede, uformalbare emner (Delprøve A) er sammenblandet og homogeniseret efter reduktion til max. 10 mm partikelstørrelse (knusning eller snitning afhængig af type, se eksemplerne i bilag 1). Herefter er prøven neddelt i riffeldeler til en delprøve på 250 – 500 gram, som derpå er reduceret i snitmølle med bundsold 1,5 mm til analyseprøvefinhed.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, brændselstekniske analyseparametre

På den fremstillede analyseprøve for Delprøve A er foretaget bestemmelse af indhold af vand, aske, hydrogen samt brændværdi. De opnåede resultater er omregnede til tør basis, delprøve A samt til modtaget prøve, tør basis og modtaget fugtig basis. Ved omregningerne til modtaget prøve er antaget, at de frasorterede metalemner (Delprøve B) er 100 % tør aske.

Parameter	Metode	Enhed	Delprøve A, tør basis	Modtaget prøve	
				Tør basis	Modtaget basis
Vand	Jf. side 2	% m/m	-	-	5,9
Aske [1]	CEN/TS 14775	% m/m	45,8	51,4	48,4
Hydrogen (H) [1]	CEN/TS 15104 (Vario El)	% m/m	3,1	2,7	2,6
Svovl (S)	prEN 15290 Part A [2]	% m/m	0,39	0,35	0,33
Øvre brændværdi [1]	CEN/TS 14918	KJ/kg	10.390	9.310	8.760
Effektiv brændværdi [3]	CEN/TS 14918	KJ/kg	9.740	8.720	8.070
Effektiv brændværdi, beregnet på vand- og askefri basis:			17.950 KJ/kg		

[1] Grundet analyseprøvens store heterogenitet kunne metodens krav til maksimal afvigelse for en dobbeltbestemmelse ikke overholdes. Det anførte resultat er baseret på et gennemsnit af 4 enkeltbestemmelser med følgende relative standardafvigelse (% CV):
Aske: %CV på 10 %
Hydrogen: %CV på 53 %
Øvre brændværdi: %CV på 9 %.

[2] Jf. anført resultat på side 4.

[3] Beregnet ud fra den øvre brændværdi og indhold af hydrogen og vand.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A

På den fremstillede analyseprøve for Delprøve A er foretaget bestemmelse af indholdet af helt eller delvist askedannende grundstoffer ved forskellige metoder:
I : jf. EN 13656 (oplukning af delprøve med HF/Kongevand og ICP analyser herpå)
II : jf. prEN 15290 Part A (oplukning af delprøve med HF/HNO_3/H_2O_2 og ICP analyser herpå)
III: jf. dk-TEKNIK metode (oplukning af fremstillet 550 °C aske med HF/Kongevand og ICP analyser herpå)
ED-XRF, d.v.s. Energy Dispersive X-Ray Fluorescence på en fremstillet 32 mm tablet af delprøven

De opnåede resultater ved de ovennævnte 4 metoder er herunder angivet på tør delprøve A basis.

Grundstof		Enhed	I [1)]	II [2)]	III [3)]	ED-XRF
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	15.000	14.000	23.000	14.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	1.800	1.900	2.500	1.400
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	40.000	34.000	39.000	46.000
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	-	-	22.000
Jern	(Fe)	mg/kg TS	65.000	57.000	94.000	33.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	3.300	2.900	3.700	2.100
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	5.000	4.300	5.500	4.200
Natrium	(Na)	mg/kg TS	5.200	4.800	6.900	8.800
Phosphor	(P)	mg/kg TS	470	420	600	500
Svovl	(S)	mg/kg TS	2.700	3.900	2.900	3.800
Silicium	(Si)	mg/kg TS	66.000	57.000	86.000	26.000
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.100	2.600	3.800	3.800
Arsen	(As)	mg/kg TS	28	24	29	10
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	-	-	50
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	-	-	160
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	24	22	26	10
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	39	23	57	20
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	540	190	280	200
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	13.000	23.000	21.000	3.500
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	1,2	1,3	(< 0,5)	< 10
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	610	510	970	300
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	70	27	38	20
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	400	190	280	80
Bly	(Pb)	mg/kg TS	4.700	8.800	15.000	1.600
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	300	610 *	300	240
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	-	-	260
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	190	170	290	150
Vanadin	(V)	mg/kg TS	**	39	68 ***	< 100
Zink	(Zn)	mg/kg TS	22.000	17.000	22.000	10.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	-	-	120

* Gennemsnit af 300 og 920 mg/kg TS
** Resultat kan ikke angives, da resultater for kontrolstandard og kontrolprøver var helt afvigende.
*** Suspekt værdi, da vandig kontrolprøve under acceptgrænse (resultat for askekontrolprøve indenfor grænserne)

(fortsættes på side 5)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A - Bemærkninger

1) Ved oplukning direkte i henhold til EN 13656 Pkt. 9.2 (vedrørende oplukning i lukket beholder) af 0,5 g prøve kunne konstateres meget store mængder uopløst prøve tillige med en ødelæggelse af teflonbeholdernes overflade. Registreringen af oplukningsforløbet viste da også, at temperaturen lige knap var nået op på 200 °C til sidst i forløbet. Oplukningen blev derfor gentaget, idet Power programmet i tabel 1 i EN 13656 blev erstattet med samme temperatur-program som anvendt ved metode II. Med det modificerede temperaturprogram var der dog stadig store mængder uopløst i oplukningen, 35 % af afvejningsmængden kunne frafiltreres en oplukning, og der sås stadig en ødelæggelse af teflonbeholdernes overflade. De angivne resultater på side 4 er de opnåede resultater for den modificerede metode - selvom resultaterne opnået for oplukningerne efter den umodificerede metode ikke synes at afvige herfra i betydende grad.
Heterogeniteten for de forskellige metaller var ret varierende: Den %-vise forskel på en dobbelt-bestemmelse ift gennemsnittet var under 10 % for Ca, Fe, S og Si; 10 – 25 % for As, Cd, Hg, K, Mg, Mn og Ti; 25 – 50 % for Al, Ba, Co, Cu, Na, Sb, Sr og Zn; 53 % for Ni; 73 % for P; 83 % for Mo, 87 % for Pb og 110 % for Cr (V kunne ikke bestemmes vha ICP-MS, måske pga af matrix-interferens problemer)
Omregnet til oxidform på askebasis (ved anvendelse af askeindholdet på side 3) er summen af grundstofferne 88 vægt-%.

2) For de fremstillede oplukninger i henhold til prEN 15290 Part A (af 0,5 g prøve) blev observeret en del uopløst prøve – 4 - 8 % af afvejningsmængden kunne frafiltreres oplukningerne (grå-sort materiale).
Heterogeniteten for de forskellige metaller var ret varierende: Den %-vise forskel på en dobbelt-bestemmelse ift gennemsnittet var under 10 % for Al, As, Ca, K, Ti og Zn; 10 – 25 % for Ba, Co, Mn, Na, Ni, Si og Sr; 25 – 50 % for Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mo, P, Pb, S og V og 100 % for Sb.
Omregnet til oxidform på askebasis (ved anvendelse af askeindholdet på side 3) er summen af grundstofferne 82 vægt-%.

3) Oplukningerne af den fremstillede 550 °C aske var komplette. De opnåede resultater for den fremstillede aske er regnet tilbage til oprindelig prøve (ud fra askeprocenten for den fremstillede portion aske).
Heterogeniteten for de forskellige metaller var ret varierende: Den %-vise forskel på en dobbelt-bestemmelse ift gennemsnittet var under 10 % for As, Ba, Ca, Cu, Mg, Mn, S, Sb, Sr, Ti og Zn; 10 – 25 % for Cr, Fe og Ni; 25 – 50 % for Al, Cd, K, Mo, Na, P, Si og V; 96 % for Pb og 100 % for Co.
På oxidform er summen af grundstofferne i den fremstillede aske 101 vægt-%. At summen overstiger 100 % er ikke mærkeligt, da den fremstillede aske sås at indeholde stykker af rent (uoxideret) metal.
Resultatet for kviksølv er anført i parentes, da kviksølv uanset prøvetype vil afgives ved en foraskning ved 550 °C.

For kvantificeringerne blev for bestemmelserne af As, Cd, Co, Hg, Mo, Sb og V i oplukningerne anvendt ICP-MS teknik og for de øvrige grundstoffer, ICP-OES teknik.

31.01.2002

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A – Vurdering af metoderne

ED-XRF

Af tabellen på side 4 ses flere iøjnefaldende afvigelser fra de tre vådkemiske metoder. Det er især de meget lave resultater for kobber og bly som falder i øjnene. Også for jern, silicium, arsen, cadmium, mangan og zink giver ED-XRF analysen betydeligt lavere resultater, hvorimod der for natrium ses et væsentligt højere resultat. De store afvigelser skyldes at ED-XRF er en overfladeмåling samtidig med, at den fremstillede analyseprøve er særdeles heterogen (består af alle mulige materialer, organiske som uorganiske). Det var derfor heller ikke forventet at ED-XRF er en egnet metode.

De tre vådkemiske metoder

Ved foraskning (metode III) opnås dels en indledende destruktion af det organiske materiale og dels en opkoncentrering af de uorganiske bestanddele. Til gengæld kan der ved foraskningen tabes flygtige uorganiske grundstoffer. For alle typer af prøver vil der ske tab af kviksølv og der vil være risiko for tab (afhængig af hvordan grundstofferne foreligger i den aktuelle prøvetype) af især antimon, arsen, cadmium, svovl og zink. Ved sammenligning af de opnåede resultater med resultaterne for de to andre metoder ses helt klart et tab af kviksølv. Derimod er der ikke tegn på tab af antimon, arsen, cadmium, svovl og zink.

Summen af de målte grundstoffer på oxid-basis for asken er 101 vægtprocent for metode III og henholdsvis 88 % og 82 % for metoderne I og II. For metode III ses da også generelt højere indhold af grundstofferne end for de to andre metoder – med undtagelse for kviksølv (som afgives ved foraskningen) og svovl (som også vil kunne afgives ved foraskningen og hvor der ved metode II er fundet noget højere indhold). Endelig måtte for både metode III og I konstateres problemer (vurderet ud fra medtagne kontrolprøver med samme oplukningsmatrix) ved bestemmelsen af vanadin ved ICP-MS teknik. Årsagen kan være at disse to oplukninger i modsætning til metode II indeholder saltsyre (HCl).

Metode III synes således generelt at være den mest egnede metode, MEN med den store bagdel at den ikke kan anvendes til bestemmelse af indhold af kviksølv og sandsynligvis underestimerer indholdet af svovl.

Resultaterne for metode I og II er forholdsvist enslignende. For svovl, kobber og bly ses dog væsentlige lavere resultater for metode I i forhold til metode II (og III), hvorimod der for titan, cobolt, chrom, molybdæn og nikkel ses væsentlige lavere resultater for metode II i forhold til metode I (og III). Med hensyn til chrom, molybdæn og nikkel skal dog bemærkes, at der var meget stor afvigelse mellem dobbeltbestemmelserne for metode I (se bemærkningerne side 5).

For de to følgende prøver af shredderaffald i projektet er, ud fra et synspunkt om at den anvendte metode bedst muligt skal sikre en vurdering af affaldets farlighed, valgt at bruge metode III til den vådkemiske karakterisering af indholdet af metaller (sammen med ED-XRF). Ulempen er selvfølgelig, at indholdet af kviksølv ikke kan bestemmes ved denne metode. For nærværende projekts vedkommende er imidlertid vurderet, at ED-XRF metodens nedre målegrænse på 10 mg/kg er tilstrækkeligt for at afsløre et indhold nær grænsen for farlighed.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve B2

De frasorterede og ekstraherede metalemner (delprøve B2) blev 2-delt og den ene ½-del sendt til sammenmeltning hos Degerfors Laboratorium AB i Sverige (max. mængde herfor ½ kg) [1]. For den herved homogeniserede ½-del er foretaget bestemmelse af indholdet af de indeholdte metaller ved forskellige metoder:
I : jf. EN 13656 (oplukning af delprøve med HF/Kongevand og ICP analyser herpå)
IV : jf. prEN 15290 Part B (oplukning af delprøve med $HF/HNO_3/H_2O_2$ og ICP analyser herpå)
ED-XRF, d.v.s. Energy Dispersive X-Ray Fluorescence ved direkte måling på udstøbning (top og bund)

De opnåede resultater ved de ovennævnte 3 metoder for delprøve B2 er angivet herunder.

Grundstof		Enhed	I [2]	IV [3]	ED-XRF
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	230.000	230.000	160.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	< 100	< 500	nd
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	< 500	< 3.000	nd
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	-	nd
Jern	(Fe)	mg/kg TS	780.000	610.000	670.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	< 200	< 500	nd
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	< 500	< 2.000	< 200
Natrium	(Na)	mg/kg TS	< 100	< 300	nd
Phosphor	(P)	mg/kg TS	< 500	< 500	300
Svovl	(S)	mg/kg TS	< 100	< 400	900
Silicium	(Si)	mg/kg TS	4.000	6.500	3.700
Titan [1]	(Ti)	mg/kg TS	(320)	(330)	(400)
Arsen	(As)	mg/kg TS	41	33	< 100
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	-	nd
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	-	nd
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	< 0,2	< 1	< 100
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	150	150	< 200
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	15.000	15.000	17.000
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	150.000	120.000	120.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	-	-	(nd)
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	3.900	4.200	5.100
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	570	640	700
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	8.500	7.800	9.300
Bly	(Pb)	mg/kg TS	2.900	3.000	4.000
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	21	19	< 100
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	-	800
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	64	65	nd
Vanadin	(V)	mg/kg TS	*	< 100	100
Zink [1]	(Zn)	mg/kg TS	(1.800)	(1.800)	(2.500)
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	-	< 100

* Resultat kan ikke angives, da resultater for kontrolstandard og kontrolprøve var helt afvigende.
nd Under detektionsgrænsen.

(fortsættes på side 8)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve B2 - Bemærkninger

1) Ved sammensmeltningen på Degerfors Laboratorium skete der et tab i prøvemængden. Den tilsendte prøve blev tilfredsstillende smeltet, men i forbindelse med udstøbningen (og dermed afkøling og kontakt med luft) skete der en gaseksplosion som slyngede en stor del af smelten væk fra formen. Ifølge laboratoriet kan sådant især indtræffe ved indhold af zink i prøven. Indholdet af zink i udstøbningen skal derfor tages med forbehold (da en del af det oprindelige indhold kan være reageret med luft og gået på gasform). Også indholdet af titan skal ifølge laboratoriet tages med forbehold, da også titan kan reagere. Derfor er disse resultater angivet i parentes i skemaet på side 7.

2) De fremstillede oplukninger i henhold til EN 13656, modificeret som ved oplukningerne for Delprøve A med samme temperatur-program som anvendt ved metode II (og IV) og 0,2 g prøve var helt tilfredsstillende. Bortset fra silicium var homogeniteten af prøvematerialet tilfredsstillende: Den %-vise forskel på en dobbelt-bestemmelse ift gennemsnittet var under 5 % for Al, As, Fe, Co, Cr, Cu Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Ti og Zn og 12 % for Si (Ba, Ca, Cd, K, Mg, Na, P og S under målegrænse og V kunne ikke bestemmes vha ICP-MS, måske pga af matrix-interferens problemer).
Summen af de målte indhold af grundstofferne angivet på side 7 er 120 vægt-%. Et eller flere metal-indhold er således målt for højt. Ved sammenligning med resultaterne for metode IV må antages, at det er resultaterne for specielt Fe og i mindre grad Cu der er for høje. Metodekontrollen (som er en "Low alloy steel", C 171 fra Research Inst. CKO i Prag) viste helt tilfredsstillende resultat for Fe og et resultat for Cu i underkanten af certifikatværdien. Afvigelsen må derfor skyldes en interferens grundet prøvens egen sammensætning, eventuelt i kombination med den anvendte syrematrix.

3) De fremstillede oplukninger i henhold til prEN 15290 Part B (af 0,05 g prøve) var helt tilfredsstillende. Bortset fra silicium var homogeniteten af prøvematerialet tilfredsstillende: Den %-vise forskel på en dobbelt-bestemmelse ift gennemsnittet var under 5 % for Al, As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Sr, Ti og Zn; 6 % for Fe; 15 % for Mo og 71 % for Si (Ba, Ca, Cd, K, Mg, Na, P, S og V under målegrænse).
Summen af de målte indhold af grundstofferne angivet på side 7 er 101 vægt-%.

For kvantificeringerne blev for bestemmelserne af As, Cd, Co, Mo, Sb og V i oplukningerne anvendt ICP-MS teknik og for de øvrige grundstoffer, ICP-OES teknik. Hg er ikke målt for delprøve B2, da så flygtigt et metal må anses at fordampe selv ved en lukket smeltning.

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve B2 – Vurdering af metoderne

Af resultaterne på side 7 ses en rimelig brugbar overensstemmelse mellem resultaterne ved ED-XRF og resultaterne for de to vådkemiske metoder. Den eneste større afvigelse (større end en faktor 1½) ses for svovl, hvor der med ED-XRF er målt 900 mg/kg hvor der ved de to vådkemiske metoder ikke fandtes målbart indhold (under henholdsvis 100 og 400 mg/kg).

For de to følgende prøver af shredderaffald i projektet er kun planlagt brug af ED-XRF bestemmelse.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i modtaget, tør prøve

I nedenstående skema er resultaterne for Delprøve A (metode III, side 4) og Delprøve B2 (ED-XRF, side 7) omregnet til tør, modtaget prøve. I den sidste kolonne er disse resultater lagt sammen til en værdi "Prøve i alt".

Grundstof		Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
			Delprøve A	Delprøve B2	Prøve i alt
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	21.000	17.000	38.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	2.200	nd	2.200
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	35.000	nd	35.000
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	-	-
Jern	(Fe)	mg/kg TS	84.000	70.000	150.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	3.300	nd	3.300
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	4.900	< 21	4.900
Natrium	(Na)	mg/kg TS	6.200	nd	6.200
Phosphor	(P)	mg/kg TS	540	31	570
Svovl	(S)	mg/kg TS	2.600	94	2.700
Silicium	(Si)	mg/kg TS	77.000	390	77.000
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.400	(42) [1)]	3.400
Arsen	(As)	mg/kg TS	26	< 11	< 37
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	-	-
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	-	-
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	23	< 11	< 34
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	51	< 21	< 72
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	250	1.800	2.000
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	19.000	13.000	32.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	1,1 [1)]	nd	1,1
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	870	530	1.400
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	34	73	110
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	250	970	1.200
Bly	(Pb)	mg/kg TS	13.000	420	13.000
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	270	< 11	< 290
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	-	-
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	260	nd	260
Vanadin	(V)	mg/kg TS	61 [3)]	11	72
Zink	(Zn)	mg/kg TS	20.000	(260) [1)]	20.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	-	-

nd Under detektionsgrænse ED-XRF

1) Indholdet kan være for lavt jf. bemærkning på side 8

2) Gennemsnit af resultater fra metode I og II, idet Hg afgives ved foraskningen i metode III

3) Suspekt resultat jf. side 4. Metode II og ED-XRF viste (omregnet til tør modtaget prøve) hhv 35 og <90 mg/kg

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af organiske stoffer i modtaget, tør prøve

Resultaterne for bestemmelsen af de organiske for delprøve A fremgår af eurofins analyserapport, Bilag 2 og for delprøve B1, Bilag 3. I nedenstående skema og i skemaet på side 11 er disse resultater for delprøve A og Delprøve B1 omregnet til tør, modtaget prøve. I den sidste kolonne er disse resultater lagt sammen til en værdi "Prøve i alt".

Analyseparameter	Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
		Delprøve A	Delprøve B1	Prøve i alt
Aromatiske kulbrinter				
Benzen	mg/kg TS	0,64	0,014	0,65
Toluen	mg/kg TS	1,9	< 0,01	1,9
Ethylbenzen	mg/kg TS	4,7	0,028	4,7
SUM Xylener	mg/kg TS	39	0,092	39
o-Xylen	mg/kg TS	27	0,039	27
m+p-Xylen	mg/kg TS	7,7	0,028	7,7
SUM BTEX	mg/kg TS	42	0,11	42
Kulbrintefraktioner				
Benzen-C10	mg/kg TS	130	0,77	130
>C10-C15	mg/kg TS	240	0,9	240
>C15-C20	mg/kg TS	990	5,4	990
>C20-C40	mg/kg TS	20.000	55	20.000
SUM af kulbrinter (Benzen-C40)	mg/kg TS	21.000	63	21.000
Polychlorerede biphenyler				
PCB nr. 28	mg/kg TS	0,019	< 0,01	< 0,03
PCB nr. 52	mg/kg TS	0,019	< 0,01	< 0,03
PCB nr. 101	mg/kg TS	0,014	< 0,01	< 0,03
PCB nr. 118	mg/kg TS	0,014	< 0,01	< 0,03
PCB nr. 138	mg/kg TS	0,013	< 0,01	< 0,03
PCB nr. 153	mg/kg TS	0,008	< 0,01	< 0,02
PCB nr. 180	mg/kg TS	< 0,001	< 0,01	< 0,01

(fortsættes på side 11)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-784**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af organiske stoffer i modtaget, tør prøve (fortsat)

Analyseparameter	Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
		Delprøve A	Delprøve B1	Prøve i alt
PAH-forbindelser				
Naphthalen	mg/kg TS	4,1	0,0077	4,1
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,25	0,0007	0,25
Acenaphthen	mg/kg TS	0,75	0,0028	0,75
Fluoren	mg/kg TS	1,2	0,0039	1,2
Phenanthren	mg/kg TS	8,1	0,043	8,1
Antracen	mg/kg TS	1,3	0,0060	1,3
Fluoranthen	mg/kg TS	7,3	0,031	7,3
Pyren	mg/kg TS	6,2	0,025	6,2
Benz (a)anthracen	mg/kg TS	2,2	0,010	2,2
Chrysen/Triphenylen	mg/kg TS	2,1	0,013	2,1
Benzo(b+j+k)fluoranthen	mg/kg TS	5,3	0,019	5,3
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	2,6	0,0083	2,6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	1,7	0,0062	1,7
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,64	0,0039	0,64
Benzo(g, h,i) perylen	mg/kg TS	2,7	0,0072	2,7
SUM EPA-PAH'er	mg/kg TS	47	0,19	47

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

BILAG 1
Journal nr.: U09-784

Eksempler på bestanddele som indgår i delprøve A

Kabler:

Fraktion > 10 mm (165 g)

Fraktion 4 – 10 mm (55,9 g)

Fraktion 1 – 4 mm (11,7 g)

Evt. metalender afskåret, men kabler er herudover med i Delprøve A (reduceret i snitmølle)

Sten og glas:

Fraktion > 10 mm, sten (529,5 g)

Fraktion 4 – 10 mm, sten (64,5 g)

Fraktion > 10 mm, glas (31,9 g)

Indgår i delprøve A (reduceret i kæbeknuser)

Printplader og lignende plast med metal:

Fraktion > 10 mm (13,5 g)

Fraktion 4 – 10 mm (6,9 g)

Indgår i delprøve A (reduceret i snitmølle)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

BILAG 1
Journal nr.: U09-784

Metalfraktionerne af delprøve B

> 10 mm

4 – 10 mm

1 – 4 mm

31.01.2002

U09-784 Bilag 2

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.: A32184
Kundenr.: 5500704
Ordrenr.: 407738
Prøvenr.: A3218401
Sagsnr.: U09-784
Modt. dato: 2009.10.12

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffald neddelt prøve efter frasort.**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.10.12 - 2009.10.23

	Prøvenr.: A3218401 Prøve ID: Prøvemærke: Delprøve A	Detekt. grænse	Metoder
Aromatiske kulbrinter			
Benzen	**0.71 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Toluen	**2.1 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Ethylbenzen	**5.3 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum Xylener	**44 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
o-Xylen	**30 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
m+p-Xylen	**8.6 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum BTEX	**47 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Kulbrintefraktioner			
Benzen-C10	**140 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
>C10-C15	**270 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C15-C20	**1100 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C20-C40	**22000 mg/kg ts.**	25	Reflab 4 GC/FID
Sum af kulbrinter(Benzen-C40)	**24000 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
PAH-forbindelser			
Naphthalen	**4.6 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthylen	**0.28 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthen	**0.84 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoren	**1.3 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Phenanthren	**9.0 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Anthracen	**1.5 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoranthen	**8.1 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Pyren	**6.9 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benz(a)anthracen	**2.5 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Chrysen/Triphenylen	**2.4 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(b+j+k)fluoranthen	**5.9 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(a)pyren	**2.9 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	**1.9 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Dibenzo(a,h)anthracen	**0.72 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.:	A32184
Kundenr.:	5500704
Ordrenr.:	407738
Prøvenr.:	A3218401
Sagsnr.:	U09-784
Modt. dato:	2009.10.12
Sidenr.:	2 af 2

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffald neddelt prøve efter frasort.**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.10.12 - 2009.10.23

	Prøvenr.: A3218401 Prøve ID: Prøvemærke: Delprøve A	Detekt. grænse	Metoder
Benzo(g,h,i)perylen	**3.0 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Sum af EPA PAH'er	**52 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Polychlorerede biphenyler			
PCB nr. 28	**0.021 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 52	**0.021 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 101	**0.016 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 118	**0.016 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 138	**0.014 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 153	**0.009 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 180	**<0.001 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS

Analysekommentarer:
Kromatogrammet viser indhold af uidentificerede komponenter med et kogepunktsinterval mellem 80°C og 520°C.
Enkeltkomponenterne ved GC-FID er alene bestemt udfra retentionstiden.

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

23. oktober 2009

Kundecenter: tlf.70224267 Niels Weibel
Kontaktperson Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

U09-784 Bilag 3

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.:	A31841
Kundenr.:	5500704
Ordrenr.:	407738
Prøvenr.:	A3184101
Sagsnr.:	U09-784
Modt. dato:	2009.10.07
Sidenr.:	1 af 2

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffald metal**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.10.07 - 2009.10.22

Prøvenr.:	A3184101		
Prøve ID:			
Prøvemærke:	**Del B**	Detekt. grænse	Metoder
Tørstof	**100 %**	0.05	DS 204 mod.
Aromatiske kulbrinter			
Benzen	**0.13 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Toluen	**<0.10 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Ethylbenzen	**0.27 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum Xylener	**0.88 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
o-Xylen	**0.37 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
m+p-Xylen	**0.27 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum BTEX	**1.1 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Kulbrintefraktioner			
Benzen-C10	**7.4 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
>C10-C15	**9 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C15-C20	**52 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C20-C40	**530 mg/kg ts.**	25	Reflab 4 GC/FID
Sum af kulbrinter(Benzen-C40)	**600 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
PAH-forbindelser			
Naphthalen	**0.074 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthylen	**0.007 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthen	**0.027 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoren	**0.037 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Phenanthren	**0.41 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Anthracen	**0.058 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoranthen	**0.30 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Pyren	**0.24 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benz(a)anthracen	**0.10 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Chrysen/Triphenylen	**0.12 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(b+j+k)fluoranthen	**0.18 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(a)pyren	**0.080 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	**0.059 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.:	A31841
Kundenr.:	5500704
Ordrenr.:	407738
Prøvenr.:	A3184101
Sagsnr.:	U09-784
Modt. dato:	2009.10.07
Sidenr.:	2 af 2

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffald metal**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.10.07 - 2009.10.22

Prøvenr.:	A3184101		
Prøve ID:			
Prøvemærke:	**Del B**	Detekt. grænse	Metoder
Dibenzo(a,h)anthracen	**0.037 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(g,h,i)perylen	**0.069 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Sum af EPA PAH'er	**1.8 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Polychlorerede biphenyler			
PCB nr. 28	**<0.1 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 52	**<0.1 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 101	**<0.1 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 118	**<0.1 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 138	**<0.1 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 153	**<0.1 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 180	**<0.1 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS

Analysekommentarer:
Kromatogrammet viser indhold af uidentificerede komponenter med et kogepunktsinterval mellem 250°C og 520°C.

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

22. oktober 2009

Kundecenter: tlf.70224267 Niels Weibel
Kontaktperson Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Rekvirent :

Task 109-21042.25
vedr.:
Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

Journal nr.:U09-785

2009.12.15

PRØVNINGSRAPPORT

Undersøgelse af fast brændsel

Sag. nr.	:	109-21042.25
Rekvisitions nr.	:	-
Prøve modtaget d.	:	2009.09.11
Prøvningstermin	:	2009.09.11 – 2009.12.14

Resultaterne for prøvningen findes på side: 2 – 9 samt bilag 1 - 3

FORCE Technology

Susanne Westborg
Specialist

Kemisk Analyse

Rene Hansen
Tekniker

Kemisk Analyse

Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag med FORCE Technology's skriftlige tilladelse. De "Almindelige betingelser" på bagsiden er en integreret del af vor ydelse.
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner.

GTS ADVANCED TECHNOLOGY GROUP

FORCE Technology Norway AS
Claude Monets allé 5
1338 Sandvika, Norge
Tel. +47 64 00 35 00
Fax +47 64 00 35 01
e-mail info@forcetechnology.no
www.forcetechnology.no

FORCE Technology Sweden AB
Tallmätargatan 7
721 34 Västerås, Sverige
Tel. +46 (0)21 490 3000
Fax +46 (0)21 490 3001
e-mail info@forcetechnology.se
www.forcetechnology.se

FORCE Technology, Hovedkontor
Park Allé 345
2605 Brøndby, Danmark
Tel. +45 43 26 70 00
Fax +45 43 26 70 11
e-mail force@force.dk
www.force.dk

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Prøve af : Shredderaffald
Mærket : II. DHI. RenoDjurs shredder residue sample 2

Prøvens størrelse : 11,053 kg Emballage : Tæt plast spand

Vandindhold

Hele den modtagne prøve blev tørret til ligevægt med omgivelserne (ved max. 40 °C):

Afgivet vand ved ligevægtstørring ("Frit vand") **3,8** % m/m, modtaget prøve

Ved antagelse af, at restfugtigheden i de frasorterede metalemner er ubetydelig og at restfugtigheden i den resterende del af prøven svarer til indholdet af vand i den fremstillede analyseprøve, er beregnet:

Vandindhold, total **5,8** % m/m, modtaget prøve

Forbehandling/sortering

Den ligevægtstørrede prøve er sigtet på 10 mm, 4 mm og 1 mm sigter. Vægten af de enkelte fraktioner er bestemt, hvorefter uformalbare metalemner er frasorteret og vejet:*

Fraktion	Fraktionsvægt, g	Fraktionsandel, % m/m	Frasorteret, uformalbare metalemner		
			g i alt	(heraf g magnetisk)	Fraktionsandel, %m/m
> 10 mm	4512,6	42,6	522,4	(104,9)	4,9
4 – 10 mm	1588,2	15,0	249,7	(65,8)	2,4
1 - 4 mm	1714,1	16,2	64,1	(13,8)	0,6
< 1 mm	2775,9	26,2	0	(0)	0
I alt	10590,8	100	836,2	(184,5)	7,9

** Det er ikke muligt at frasortere alt metal, ligesom frasorterede emner også kan indeholde andet end metal, se eksemplerne i bilag 1.*

Den samlede mængde af frasorterede, uformalbare metalemner (Delprøve B) er udrystet/ekstraheret med acetone/pentan. På ekstraktet (Delprøve B1) er foretaget bestemmelse af de organiske analytter. Af den ekstraherede rest (Delprøve B2) er fremstillet en homogeniseret prøve til bestemmelse af indhold af metaller/grundstoffer, idet delprøve B2 er 2-delt og den ene ½-del er sammensmeltet i højfrekvensovn på et speciallaboratorium til en homogen blok.

Fraktionerne af ligevægtstørret prøve eksklusiv de frasorterede, uformalbare emner (Delprøve A) er sammenblandet og homogeniseret efter reduktion til max. 10 mm partikelstørrelse (knusning eller snitning afhængig af type, se eksemplerne i bilag 1). Herefter er prøven neddelt i riffeldeler til en delprøve på 250 – 500 gram, som derpå er reduceret i snitmølle med bundsold 1,5 mm til analyseprøvefinhed.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, brændselstekniske analyseparametre

På den fremstillede analyseprøve for Delprøve A er foretaget bestemmelse af indhold af vand, aske, hydrogen samt brændværdi. De opnåede resultater er omregnede til tør basis, delprøve A samt til modtaget prøve, tør basis og modtaget fugtig basis. Ved omregningerne til modtaget prøve er antaget, at de frasorterede metalemner (Delprøve B) er 100 % tør aske.

Parameter	Metode	Enhed	Delprøve A, tør basis	Modtaget prøve	
				Tør basis	Modtaget basis
Vand	Jf. side 2	% m/m	-	-	5,8
Aske [1)]	CEN/TS 14775	% m/m	48,2	52,4	49,4
Hydrogen (H) [1)]	CEN/TS 15104 (Vario El)	% m/m	4,0	3,6	3,4
Svovl (S)	prEN 15290 Part A [2)]	% m/m	0,25	0,23	0,22
Øvre brændværdi [1)]	CEN/TS 14918	KJ/kg	15.760	14.490	13.650
Effektiv brændværdi [3)]	CEN/TS 14918	KJ/kg	14.920	13.720	12.780
Effektiv brændværdi, beregnet på vand- og askefri basis:			28.800 KJ/kg		

1) Grundet analyseprøvens store heterogenitet kunne metodens krav til maksimal afvigelse for en dobbeltbestemmelse ikke overholdes. Det anførte resultat er baseret på et gennemsnit af 4 enkeltbestemmelser med følgende relative standardafvigelse (% CV):
Aske: %CV på 9 %
Hydrogen: %CV på 28 %
Øvre brændværdi: %CV på 9 %.

2) Jf. anført resultat på side 4 (gennemsnit af de 2 værdier).

3) Beregnet ud fra den øvre brændværdi og indhold af hydrogen og vand.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A

På den fremstillede analyseprøve for Delprøve A er foretaget bestemmelse af indholdet af helt eller delvist askedannende grundstoffer, dels ved vådkemisk analyse (oplukning af fremstillet 550 °C aske med HF/Kongevand og ICP analyser herpå, metode III jf. U09-784) og dels ved ED-XRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence på en fremstillet 32 mm tablet af delprøven).

De opnåede resultater ved de to metoder er herunder angivet på tør delprøve A basis.

Grundstof		Enhed	III [1)]	ED-XRF
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	24.000	11.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	2.000	780
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	33.000	32.000
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	9.500
Jern	(Fe)	mg/kg TS	81.000	27.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	3.100	2.100
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	5.900	4.800
Natrium	(Na)	mg/kg TS	6.600	6.000
Phosphor	(P)	mg/kg TS	750	1.300
Svovl	(S)	mg/kg TS	2.400	2.600
Silicium	(Si)	mg/kg TS	80.000	23.000
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.800	5.000
Arsen	(As)	mg/kg TS	33	< 10
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	< 10
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	460
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	19	20
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	40	30
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	290	200
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	22.000	2.700
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	(< 0,5)	< 10
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	950	300
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	26	10
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	240	60
Bly	(Pb)	mg/kg TS	11.000	1.200
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	330	420
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	250
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	260	120
Vanadin	(V)	mg/kg TS	59	100
Zink	(Zn)	mg/kg TS	19.000	7.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	90

(fortsættes på side 5)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A - Bemærkninger

1) Oplukningerne af den fremstillede 550 °C aske var komplette. De opnåede resultater for den fremstillede aske er regnet tilbage til oprindelig prøve (ud fra askeprocenten for den fremstillede portion aske).

Heterogeniteten for de forskellige metaller var ret varierende: Den %-vise forskel på en dobbelt-bestemmelse ift gennemsnittet var under 10 % for As, Co, Mg, Mn, P, Sr, Ti og V; 10 – 25 % for Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mo, Na, Ni, Pb, S, Sb, Si og Zn og 25 – 50 % for Al (Hg kunne ikke bestemmes).

På oxidform er summen af grundstofferne i den fremstillede aske 101 vægt-%. At summen overstiger 100 % er ikke mærkeligt, da den fremstillede aske sås at indeholde stykker af rent (uoxideret) metal.

Resultatet for kviksølv er anført i parentes, da kviksølv uanset prøvetype vil afgives ved en foraskning ved 550 °C.

For kvantificeringerne blev for bestemmelserne af As, Cd, Co, Hg, Mo og Sb i oplukningerne anvendt ICP-MS teknik og for de øvrige grundstoffer, ICP-OES teknik.

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A – Vurdering af ED-XRF metoden

Af tabellen på side 4 ses flere iøjnefaldende afvigelser fra resultaterne for den vådkemiske metode. Det er især de meget lave resultater for kobber og bly som falder i øjnene. Også for aluminium, arsen, barium, jern, silicium, mangan, nikkel og zink giver ED-XRF analysen betydeligt lavere resultater, hvorimod der for fosfor ses et noget højere resultat. De store afvigelser skyldes at ED-XRF er en overflademåling samtidig med, at den fremstillede analyseprøve er særdeles heterogen (består af alle mulige materialer, organiske som uorganiske). Det meget lavere indhold af kobber bestemt ved ED-XRF analysen kan måske bero på, at indholdet af kobber i prøven trods neddeling til analyseprøvefinhed stadig i stor udstrækning findes indkapslet i f.eks plastik (såsom i kabler/ledninger).

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve B2

De frasorterede og ekstraherede metalemner (delprøve B2) blev 2-delt og den ene ½-del sendt til sammenmeltning hos Degerfors Laboratorium AB i Sverige (max. mængde herfor ½ kg). For den herved homogeniserede ½-del er foretaget bestemmelse af indholdet af de indeholdte metaller ved ED-XRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) ved direkte måling på udstøbning (top og bund).

De opnåede resultater er angivet i tabellen herunder.

Grundstof		Enhed	ED-XRF
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	330.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	nd
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	nd
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	nd
Jern	(Fe)	mg/kg TS	380.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	nd
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	< 100
Natrium	(Na)	mg/kg TS	nd
Phosphor	(P)	mg/kg TS	400
Svovl	(S)	mg/kg TS	< 100
Silicium	(Si)	mg/kg TS	9.800
Titan	(Ti)	mg/kg TS	300
Arsen	(As)	mg/kg TS	< 100
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	nd
Brom	(Br)	mg/kg TS	nd
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	< 100
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	800
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	57.000
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	150.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	nd
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	7.400
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	700
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	33.000
Bly	(Pb)	mg/kg TS	9.100
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	200
Tin	(Sn)	mg/kg TS	21.000
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	nd
Vanadin	(V)	mg/kg TS	200
Zink	(Zn)	mg/kg TS	2.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	< 100

nd Under detektionsgrænsen.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i modtaget, tør prøve

I nedenstående skema er resultaterne for Delprøve A (metode III, side 4) og Delprøve B2 (ED-XRF, side 6) omregnet til tør, modtaget prøve. I den sidste kolonne er disse resultater lagt sammen til en værdi "Prøve i alt".

Grundstof		Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
			Delprøve A	Delprøve B2	Prøve i alt
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	22.000	27.000	49.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	1.800	nd	1.800
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	30.000	nd	30.000
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	-	-
Jern	(Fe)	mg/kg TS	74.000	31.000	105.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	2.800	nd	2.800
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	5.400	< 10	5.400
Natrium	(Na)	mg/kg TS	6.100	nd	6.100
Phosphor	(P)	mg/kg TS	690	32	720
Svovl	(S)	mg/kg TS	2.200	< 10	2.200
Silicium	(Si)	mg/kg TS	74.000	790	75.000
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.500	24	3.500
Arsen	(As)	mg/kg TS	30	< 10	< 40
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	-	-
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	-	-
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	17	< 10	< 27
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	37	64	100
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	270	4.600	4.900
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	20.000	12.000	32.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	< 10 [1)]	nd	< 10
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	870	590	1.500
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	24	56	80
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	220	2.700	2.900
Bly	(Pb)	mg/kg TS	10.000	730	11.000
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	300	16	320
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	-	-
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	240	nd	240
Vanadin	(V)	mg/kg TS	54	16	70
Zink	(Zn)	mg/kg TS	17.000	160	17.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	-	-

nd Under detektionsgrænse ED-XRF

[1)] Indhold bestemt ved ED-XRF, idet Hg afgives ved foraskningen i metode III

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af organiske stoffer i modtaget, tør prøve

Resultaterne for bestemmelsen af de organiske stoffer for delprøve A fremgår af eurofins analyserapport, Bilag 2 og for delprøve B1, Bilag 3. I nedenstående skema og i skemaet på side 9 er disse resultater for delprøve A og Delprøve B1 omregnet til tør, modtaget prøve. I den sidste kolonne er disse resultater lagt sammen til en værdi "Prøve i alt".

Analyseparameter	Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
		Delprøve A	Delprøve B1	Prøve i alt
Aromatiske kulbrinter				
Benzen	mg/kg TS	< 0,19	0,0088	< 0,20
Toluen	mg/kg TS	< 0,19	< 0,008	< 0,20
Ethylbenzen	mg/kg TS	4,8	< 0,008	4,8
SUM Xylener	mg/kg TS	12	0,039	12
o-Xylen	mg/kg TS	0,32	0,025	0,34
m+p-Xylen	mg/kg TS	6,6	0,014	6,6
SUM BTEX	mg/kg TS	12	0,047	12
Kulbrintefraktioner				
Benzen-C10	mg/kg TS	110	0,47	110
>C10-C15	mg/kg TS	170	< 0,4	170
>C15-C20	mg/kg TS	710	1,7	710
>C20-C40	mg/kg TS	14.000	19	14.000
SUM af kulbrinter (Benzen-C40)	mg/kg TS	15.000	21	15.000
Polychlorerede biphenyler				
PCB nr. 28	mg/kg TS	0,078	< 0,0001	0,078
PCB nr. 52	mg/kg TS	0,12	< 0,0001	0,12
PCB nr. 101	mg/kg TS	0,11	< 0,0001	0,11
PCB nr. 118	mg/kg TS	0,062	< 0,0001	0,062
PCB nr. 138	mg/kg TS	0,072	< 0,0001	0,072
PCB nr. 153	mg/kg TS	0,041	< 0,0001	0,041
PCB nr. 180	mg/kg TS	0,012	< 0,0001	0,012

(fortsættes på side 9)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-785**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af organiske stoffer i modtaget, tør prøve (fortsat)

Analyseparameter	Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
		Delprøve A	Delprøve B1	Prøve i alt
PAH-forbindelser				
Naphthalen	mg/kg TS	1,5	< 0,0005	1,5
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,16	< 0,0005	0,16
Acenaphthen	mg/kg TS	1,2	0,0006	1,2
Fluoren	mg/kg TS	1,3	0,0011	1,3
Phenanthren	mg/kg TS	5,0	0,0075	5,0
Antracen	mg/kg TS	1,0	0,0012	1,0
Fluoranthen	mg/kg TS	5,0	0,0088	5,0
Pyren	mg/kg TS	4,0	0,0063	4,0
Benz (a)anthracen	mg/kg TS	1,6	0,0023	1,6
Chrysen/Triphenylen	mg/kg TS	2,5	0,0034	2,5
Benzo(b+j+k)fluoranthen	mg/kg TS	2,7	0,0038	2,7
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1,3	0,0017	1,3
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0,67	0,0006	0,67
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,22	0,0010	0,22
Benzo(g, h,i) perylen	mg/kg TS	1,1	0,0011	1,1
SUM EPA-PAH'er	mg/kg TS	29	0,039	29

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

BILAG 1
Journal nr.: U09-785

Eksempler på bestanddele som indgår i delprøve A

Kabler:

Fraktion > 10 mm (137,8 g)

Fraktion 4 – 10 mm (60,2 g)

Fraktion 1 – 4 mm (10,1 g)

Evt. metalender afskåret, men kabler er herudover med i Delprøve A (reduceret i snitmølle)

Sten og glas:

Fraktion > 10 mm, sten (199,9 g)

Fraktion 4 – 10 mm, sten (114,5 g)

Fraktion > 10 mm, glas (44,2 g)

Indgår i delprøve A (reduceret i kæbeknuser)

Printplader og lignende plast med metal:

Fraktion > 10 mm (30,6 g)

Indgår i delprøve A (reduceret i snitmølle)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

BILAG 1
Journal nr.: U09-785

Metalfraktionerne af delprøve B

> 10 mm

4 – 10 mm

1 – 4 mm

31.01.2002

U09-785 Bilag 2

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

ilac-MRA DANAK TEST Reg.nr. 168

eurofins

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.: A34192
Kundenr.: 5500704
Ordrenr.: 407738
Prøvenr.: A3419201

Modt. dato: 2009.11.16

Sidenr.: 1 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffalds(del)prøver Delprøve A**
Prøvetype.....: Jord ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.16 - 2009.12.01

	Prøvenr.:	Detekt.		RSD
	Prøve ID:			
	Prøvemærke: **U09-785**	grænse	Metoder	(%)
Aromatiske kulbrinter				
Benzen	**<0.20 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	9
Toluen	**<0.20 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	9
Ethylbenzen	**5.2 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	12
Sum Xylener	**13 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	
o-Xylen	**0.35 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	9
m+p-Xylen	**7.2 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	7
Sum BTEX	**13 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	
Kulbrintefraktioner				
Benzen-C10	**120 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID	12
>C10-C15	**180 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID	12
>C15-C20	**770 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID	12
>C20-C40	**15000 mg/kg ts.**	25	Reflab 4 GC/FID	12
Sum af kulbrinter(Benzen-C40)	**16000 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID	12
PAH-forbindelser				
Naphthalen	**1.6 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	11
Acenaphthylen	**0.17 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	12
Acenaphthen	**1.3 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	12
Fluoren	**1.4 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	17
Phenanthren	**5.4 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	26
Anthracen	**1.1 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	15
Fluoranthen	**5.4 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	20
Pyren	**4.3 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	17
Benz(a)anthracen	**1.7 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	14
Chrysen/Triphenylen	**2.7 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	12
Benzo(b+j+k)fluoranthen	**2.9 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	18
Benzo(a)pyren	**1.4 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	19
Indeno(1,2,3-cd)pyren	**0.73 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	21
Dibenzo(a,h)anthracen	**0.24 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	24

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

ilac-MRA DANAK TEST Reg.nr. 168

eurofins

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.: A34192
Kundenr.: 5500704
Ordrenr.: 407738
Prøvenr.: A3419201

Modt. dato: 2009.11.16

Sidenr.: 2 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffalds(del)prøver Delprøve A**
Prøvetype.....: Jord ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.16 - 2009.12.01

Prøvenr.:	**A3419201**			
Prøve ID:				
Prøvemærke:	**U09-785**	Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)
Benzo(g,h,i)perylen	**1.2 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	21
Sum af EPA PAH'er	**32 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	
Polychlorerede biphenyler				
PCB nr. 28	**0.085 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 52	**0.13 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 101	**0.12 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 118	**0.067 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 138	**0.078 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 153	**0.045 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 180	**0.013 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15

Analysekommentarer:
Kromatogrammet viser indhold af uidentificerede komponenter med et kogepunktsinterval mellem 70°C og 520°C.
Detektionsgrænsen for totalkulbrinterne og/eller BTEX'erne er hævet, fordi prøvens fysiske egenskaber har gjort det nødvendigt at tilsætte ekstra ekstraktionsmiddel.
Enkeltkomponenterne ved GC-FID er alene bestemt udfra retentionstiden.

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

U09-785 Bilag 3

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.: A33899
Kundenr.: 5500704
Ordrenr.: 407738
Prøvenr.: A3389901

Modt. dato: 2009.11.11

Sidenr.: 1 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shredderaffaldsdelprøver frasorteret metal**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.11 - 2009.11.24

	Prøvenr.: A3389901 Prøve ID: Delprøve B Prøvemærke: U09-785	Detekt. grænse	Metoder
Aromatiske kulbrinter			
Benzen	**0.11 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Toluen	**<0.10 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Ethylbenzen	**<0.10 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum Xylener	**0.48 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
o-Xylen	**0.31 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
m+p-Xylen	**0.17 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum BTEX	**0.59 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Kulbrintefraktioner			
Benzen-C10	**5.9 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
>C10-C15	**<5 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C15-C20	**21 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C20-C40	**240 mg/kg ts.**	25	Reflab 4 GC/FID
Sum af kulbrinter(Benzen-C40)	**260 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
PAH-forbindelser			
Naphthalen	**<0.005 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthylen	**<0.005 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthen	**0.008 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoren	**0.014 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Phenanthren	**0.094 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Anthracen	**0.015 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoranthen	**0.11 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Pyren	**0.078 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benz(a)anthracen	**0.029 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Chrysen/Triphenylen	**0.042 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(b+j+k)fluoranthen	**0.048 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(a)pyren	**0.021 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	**0.008 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Dibenzo(a,h)anthracen	**0.013 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.:	A33899
Kundenr.:	5500704
Ordrenr.:	407738
Prøvenr.:	A3389901
Modt. dato:	2009.11.11
Sidenr.:	2 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shredderaffaldsdelprøver frasorteret metal**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.11 - 2009.11.24

	Prøvenr.: A3389901 Prøve ID: Delprøve B Prøvemærke: U09-785	Detekt. grænse	Metoder
Benzo(g,h,i)perylen	0.014 mg/kg ts.	0.005	Reflab 4 GC/MS
Sum af EPA PAH'er	0.49 mg/kg ts.	0.005	Reflab 4 GC/MS
Polychlorerede biphenyler			
PCB nr. 28	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 52	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 101	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 118	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 138	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 153	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 180	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS

Analysekommentarer:
Kromatogrammet viser indhold af uidentificerede letkogende komponenter.
Kromatogrammet viser indhold af komponenter med et kogepunktsinterval som motor/smøreolie eller lign.
Enkeltkomponenterne ved GC-FID er alene bestemt udfra retentionstiden.

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Rekvirent :

Task 109-21042.25
vedr.:
Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

Journal nr.:U09-786

2009.12.15

PRØVNINGSRAPPORT

Undersøgelse af fast brændsel

Sag. nr.	:	109-21042.25
Rekvisitions nr.	:	-
Prøve modtaget d.	:	2009.09.11
Prøvningstermin	:	2009.09.11 – 2009.12.14

Resultaterne for prøvningen findes på side: 2 – 9 samt bilag 1 - 3

FORCE Technology

Susanne Westborg
Specialist

Kemisk Analyse

Rene Hansen
Tekniker

Kemisk Analyse

Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag med FORCE Technology's skriftlige tilladelse. De "Almindelige betingelser" på bagsiden er en integreret del af vor ydelse.
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner.

GTS ADVANCED TECHNOLOGY GROUP

FORCE Technology Norway AS
Claude Monets allé 5
1338 Sandvika, Norge
Tel. +47 64 00 35 00
Fax +47 64 00 35 01
e-mail info@forcetechnology.no
www.forcetechnology.no

FORCE Technology Sweden AB
Tallmätargatan 7
721 34 Västerås, Sverige
Tel. +46 (0)21 490 3000
Fax +46 (0)21 490 3001
e-mail info@forcetechnology.se
www.forcetechnology.se

FORCE Technology, Hovedkontor
Park Allé 345
2605 Brøndby, Danmark
Tel. +45 43 26 70 00
Fax +45 43 26 70 11
e-mail force@force.dk
www.force.dk

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Prøve af : Shredderaffald
Mærket : III. DHI. RenoDjurs shredder residue sample 3

Prøvens størrelse : 11,527 kg Emballage : Tæt plast spand

Vandindhold

Hele den modtagne prøve blev tørret til ligevægt med omgivelserne (ved max. 40 °C):

Afgivet vand ved ligevægtstørring ("Frit vand") **4,2** % m/m, modtaget prøve

Ved antagelse af, at restfugtigheden i de frasorterede metalemner er ubetydelig og at restfugtigheden i den resterende del af prøven svarer til indholdet af vand i den fremstillede analyseprøve, er beregnet:

Vandindhold, total **6,5** % m/m, modtaget prøve

Forbehandling/sortering

Den ligevægtstørrede prøve er sigtet på 10 mm, 4 mm og 1 mm sigter. Vægten af de enkelte fraktioner er bestemt, hvorefter uformalbare metalemner er frasorteret og vejet:*

Fraktion	Fraktionsvægt, g	Fraktionsandel, % m/m	Frasorteret, uformalbare metalemner		
			g i alt	(heraf g magnetisk)	Fraktionsandel, %m/m
> 10 mm	5477,6	49,7	807,0	(119,1)	7,3
4 – 10 mm	1550,4	14,1	290,1	(67,7)	2,6
1 - 4 mm	1499,5	13,6	46,4	(22,8)	0,4
< 1 mm	2498,2	22,6	0	(0)	0
I alt	11025,7	100	1143,5	(209,6)	10,4

** Det er ikke muligt at frasortere alt metal, ligesom frasorterede emner også kan indeholde andet end metal, se eksemplerne i bilag 1.*

Den samlede mængde af frasorterede, uformalbare metalemner (Delprøve B) er udrystet/ekstraheret med acetone/pentan. På ekstraktet (Delprøve B1) er foretaget bestemmelse af de organiske analytter. Af den ekstraherede rest (Delprøve B2) er fremstillet en homogeniseret prøve til bestemmelse af indhold af metaller/grundstoffer, idet delprøve B2 er 2-delt og den ene ½-del er sammensmeltet i højfrekvensovn på et speciallaboratorium til en homogen blok.

Fraktionerne af ligevægtstørret prøve eksklusiv de frasorterede, uformalbare emner (Delprøve A) er sammenblandet og homogeniseret efter reduktion til max. 10 mm partikelstørrelse (knusning eller snitning afhængig af type, se eksemplerne i bilag 1). Herefter er prøven neddelt i riffeldeler til en delprøve på 250 – 500 gram, som derpå er reduceret i snitmølle med bundsold 1,5 mm til analyseprøvefinhed.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, brændselstekniske analyseparametre

På den fremstillede analyseprøve for Delprøve A er foretaget bestemmelse af indhold af vand, aske, hydrogen samt brændværdi. De opnåede resultater er omregnede til tør basis, delprøve A samt til modtaget prøve, tør basis og modtaget fugtig basis. Ved omregningerne til modtaget prøve er antaget, at de frasorterede metalemner (Delprøve B) er 100 % tør aske.

Parameter	Metode	Enhed	Delprøve A, tør basis	Modtaget prøve	
				Tør basis	Modtaget basis
Vand	Jf. side 2	% m/m	-	-	6,5
Aske [1)]	CEN/TS 14775	% m/m	47,0	52,6	49,2
Hydrogen (H) [1)]	CEN/TS 15104 (Vario EI)	% m/m	4,4	3,9	3,6
Svovl (S)	prEN 15290 Part A [2)]	% m/m	0,28	0,25	0,23
Øvre brændværdi [1)]	CEN/TS 14918	KJ/kg	16.820	15.040	14.060
Effektiv brændværdi [3)]	CEN/TS 14918	KJ/kg	15.880	14.200	13.120
Effektiv brændværdi, beregnet på vand- og askefri basis: 29.970 KJ/kg					

1) Grundet analyseprøvens store heterogenitet kunne metodens krav til maksimal afvigelse for en dobbeltbestemmelse ikke overholdes. Det anførte resultat er baseret på et gennemsnit af 4 enkeltbestemmelser med følgende relative standardafvigelse (% CV):
Aske: %CV på 11 %
Hydrogen: %CV på 32 %
Øvre brændværdi: %CV på 12 %.

2) Jf. anført resultaterne på side 4 (gennemsnit af de 2 værdier).

3) Beregnet ud fra den øvre brændværdi og indhold af hydrogen og vand.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A

På den fremstillede analyseprøve for Delprøve A er foretaget bestemmelse af indholdet af helt eller delvist askedannende grundstoffer, dels ved vådkemisk analyse (oplukning af fremstillet 550 °C aske med HF/Kongevand og ICP analyser herpå, metode III jf. U09-784) og dels ved ED-XRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence på en fremstillet 32 mm tablet af delprøven).

De opnåede resultater ved de to metoder er herunder angivet på tør delprøve A basis.

Grundstof		Enhed	III [1)]	ED-XRF
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	18.000	14.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	1.900	1.500
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	32.000	32.000
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	5.500
Jern	(Fe)	mg/kg TS	75.000	66.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	3.400	3.000
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	5.400	4.500
Natrium	(Na)	mg/kg TS	7.400	2.800
Phosphor	(P)	mg/kg TS	570	800
Svovl	(S)	mg/kg TS	2.000	3.600
Silicium	(Si)	mg/kg TS	86.000	43.000
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.700	3.900
Arsen	(As)	mg/kg TS	27	50
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	10
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	350
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	20	20
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	31	40
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	290	300
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	22.000	4.900
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	(< 0,5)	< 10
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	800	600
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	23	20
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	250	190
Bly	(Pb)	mg/kg TS	4.300	1.500
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	320	150
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	280
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	240	200
Vanadin	(V)	mg/kg TS	44	< 100
Zink	(Zn)	mg/kg TS	18.000	14.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	180

(fortsættes på side 5)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A - Bemærkninger

1) Oplukningerne af den fremstillede 550 °C aske var komplette. De opnåede resultater for den fremstillede aske er regnet tilbage til oprindelig prøve (ud fra askeprocenten for den fremstillede portion aske).

Heterogeniteten for de forskellige metaller var ret varierende: Den %-vise forskel på en dobbeltbestemmelse ift gennemsnittet var under 10 % for Cd, Mn, Mo, Na, Pb, S, Sb, Si og Zn; 10 – 25 % for Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, K, Mg, P, Sr og Ti og 25 – 50 % for Cu, Fe, Ni og V (Hg kunne ikke bestemmes).

På oxidform er summen af grundstofferne i den fremstillede aske 98 vægt-%.

Resultatet for kviksølv er anført i parentes, da kviksølv uanset prøvetype vil afgives ved en foraskning ved 550 °C.

For kvantificeringerne blev for bestemmelserne af As, Cd, Co, Hg, Mo og Sb i oplukningerne anvendt ICP-MS teknik og for de øvrige grundstoffer, ICP-OES teknik.

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve A – Vurdering af ED-XRF metoden

Af tabellen på side 4 ses at der findes et meget større indhold af kobber ved den vådkemiske metode. Også for natrium, silicium og bly giver ED-XRF analysen betydeligt lavere resultater. De store afvigelser skyldes at ED-XRF er en overfladeмåling samtidig med, at den fremstillede analyseprøve er særdeles heterogen (består af alle mulige materialer, organiske som uorganiske). Det meget lavere indhold af kobber bestemt ved ED-XRF analysen kan måske bero på, at indholdet af kobber i prøven trods neddeling til analyseprøvefinhed stadig i stor udstrækning findes indkapslet i f.eks plastik (såsom i kabler/ledninger).

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i Delprøve B2

De frasorterede og ekstraherede metalemner (delprøve B2) blev 2-delt og den ene ½-del sendt til sammenmeltning hos Degerfors Laboratorium AB i Sverige (max. mængde herfor ½ kg). For den herved homogeniserede ½-del er foretaget bestemmelse af indholdet af de indeholdte metaller ved ED-XRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) ved direkte måling på udstøbning (top og bund).

De opnåede resultater er angivet i tabellen herunder.

Grundstof		Enhed	ED-XRF
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	150.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	nd
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	nd
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	nd
Jern	(Fe)	mg/kg TS	530.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	nd
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	< 100
Natrium	(Na)	mg/kg TS	nd
Phosphor	(P)	mg/kg TS	2.300
Svovl	(S)	mg/kg TS	< 100
Silicium	(Si)	mg/kg TS	6.900
Titan	(Ti)	mg/kg TS	1.200
Arsen	(As)	mg/kg TS	< 100
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	nd
Brom	(Br)	mg/kg TS	nd
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	< 100
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	900
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	99.000
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	130.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	nd
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	8.200
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	2.900
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	51.000
Bly	(Pb)	mg/kg TS	7.800
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	1.900
Tin	(Sn)	mg/kg TS	7.400
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	nd
Vanadin	(V)	mg/kg TS	300
Zink	(Zn)	mg/kg TS	1.300
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	< 100

nd Under detektionsgrænsen.

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af grundstoffer i modtaget, tør prøve

I nedenstående skema er resultaterne for Delprøve A (metode III, side 4) og Delprøve B2 (ED-XRF, side 6) omregnet til tør, modtaget prøve. I den sidste kolonne er disse resultater lagt sammen til en værdi "Prøve i alt".

Grundstof		Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
			Delprøve A	Delprøve B2	Prøve i alt
Aluminium	(Al)	mg/kg TS	16.000	16.000	32.000
Barium	(Ba)	mg/kg TS	1.700	nd	1.700
Calcium	(Ca)	mg/kg TS	29.000	nd	29.000
Chlor	(Cl)	mg/kg TS	-	-	-
Jern	(Fe)	mg/kg TS	67.000	56.000	120.000
Kalium	(K)	mg/kg TS	3.000	nd	3.000
Magnesium	(Mg)	mg/kg TS	4.800	< 11	4.800
Natrium	(Na)	mg/kg TS	6.600	nd	6.600
Phosphor	(P)	mg/kg TS	510	240	750
Svovl	(S)	mg/kg TS	1.800	< 11	1.800
Silicium	(Si)	mg/kg TS	77.000	730	78.000
Titan	(Ti)	mg/kg TS	3.300	130	3.400
Arsen	(As)	mg/kg TS	24	< 11	< 35
Sølv	(Ag)	mg/kg TS	-	-	-
Brom	(Br)	mg/kg TS	-	-	-
Cadmium	(Cd)	mg/kg TS	18	< 11	< 29
Cobolt	(Co)	mg/kg TS	28	96	120
Chrom	(Cr)	mg/kg TS	260	11.000	11.000
Kobber	(Cu)	mg/kg TS	20.000	14.000	34.000
Kviksølv	(Hg)	mg/kg TS	< 9 [1)]	nd	< 9
Mangan	(Mn)	mg/kg TS	720	870	1.600
Molybdæn	(Mo)	mg/kg TS	20	310	330
Nikkel	(Ni)	mg/kg TS	220	5.400	5.600
Bly	(Pb)	mg/kg TS	3.800	830	4.600
Antimon	(Sb)	mg/kg TS	290	200	490
Tin	(Sn)	mg/kg TS	-	-	-
Strontium	(Sr)	mg/kg TS	210	nd	210
Vanadin	(V)	mg/kg TS	39	32	71
Zink	(Zn)	mg/kg TS	16.000	140	16.000
Zirkonium	(Zr)	mg/kg TS	-	-	-

nd Under detektionsgrænse ED-XRF

[1)] Indhold bestemt ved ED-XRF, idet Hg afgives ved foraskningen i metode III

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af organiske stoffer i modtaget, tør prøve

Resultaterne for bestemmelsen af de organiske stoffer for delprøve A fremgår af eurofins analyserapport, Bilag 2 og for delprøve B1, Bilag 3. I nedenstående skema og i skemaet på side 9 er disse resultater for delprøve A og Delprøve B1 omregnet til tør, modtaget prøve. I den sidste kolonne er disse resultater lagt sammen til en værdi "Prøve i alt".

Analyseparameter	Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
		Delprøve A	Delprøve B1	Prøve i alt
Aromatiske kulbrinter				
Benzen	mg/kg TS	4,4	< 0,01	4,4
Toluen	mg/kg TS	< 0,18	< 0,01	< 0,19
Ethylbenzen	mg/kg TS	5,5	< 0,01	5,5
SUM Xylener	mg/kg TS	19	0,013	19
o-Xylen	mg/kg TS	4,3	0,013	4,3
m+p-Xylen	mg/kg TS	8,7	< 0,01	8,7
SUM BTEX	mg/kg TS	23	0,013	23
Kulbrintefraktioner				
Benzen-C10	mg/kg TS	190	0,43	190
>C10-C15	mg/kg TS	210	< 0,6	210
>C15-C20	mg/kg TS	790	1,7	790
>C20-C40	mg/kg TS	15.000	17	15.000
SUM af kulbrinter (Benzen-C40)	mg/kg TS	17.000	19	17.000
Polychlorerede biphenyler				
PCB nr. 28	mg/kg TS	0,084	< 0,0001	0,084
PCB nr. 52	mg/kg TS	0,13	< 0,0001	0,13
PCB nr. 101	mg/kg TS	0,12	< 0,0001	0,12
PCB nr. 118	mg/kg TS	0,10	< 0,0001	0,10
PCB nr. 138	mg/kg TS	0,10	< 0,0001	0,10
PCB nr. 153	mg/kg TS	0,070	< 0,0001	0,070
PCB nr. 180	mg/kg TS	0,015	< 0,0001	0,015

(fortsættes på side 9)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed" **Journal nr.: U09-786**

UNDERSØGELSE AF SHREDDERAFFALD

Resultater, indhold af organiske stoffer i modtaget, tør prøve (fortsat)

Analyseparameter	Enhed	Indhold i modtaget prøve, tør basis		
		Delprøve A	Delprøve B1	Prøve i alt
PAH-forbindelser				
Naphthalen	mg/kg TS	2,5	0,0014	2,5
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,31	0,0005	0,31
Acenaphthen	mg/kg TS	0,89	< 0,0005	0,89
Fluoren	mg/kg TS	1,2	0,0010	1,2
Phenanthren	mg/kg TS	7,1	0,0066	7,1
Antracen	mg/kg TS	1,4	0,0012	1,4
Fluoranthen	mg/kg TS	3,8	0,0079	3,8
Pyren	mg/kg TS	3,2	0,0063	3,2
Benz (a)anthracen	mg/kg TS	0,83	0,0033	0,83
Chrysen/Triphenylen	mg/kg TS	2,2	0,0044	2,2
Benzo(b+j+k)fluoranthen	mg/kg TS	2,1	0,0063	2,1
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,98	0,0028	0,98
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0,55	0,0016	0,55
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,14	0,0005	0,14
Benzo(g, h,i) perylen	mg/kg TS	0,89	0,0020	0,89
SUM EPA-PAH'er	mg/kg TS	28	0,046	28

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

BILAG 1
Journal nr.: U09-786

Eksempler på bestanddele som indgår i delprøve A

Kabler:

Fraktion > 10 mm (194,3 g)

Fraktion 4 – 10 mm (51,4 g)

Fraktion 1 – 4 mm (9,9 g)

Evt. metalender afskåret, men kabler er herudover med i Delprøve A (reduceret i snitmølle)

Sten og glas:

Fraktion > 10 mm, sten (364,8 g)

Fraktion 4 – 10 mm, sten (178,3 g)

Fraktion > 10 mm, glas (15,1 g)

Indgår i delprøve A (reduceret i kæbeknuser)

Printplader og lignende plast med metal:

Fraktion > 10 mm (10,7 g)

Indgår i delprøve A (reduceret i snitmølle)

31.01.2002

Rekvirent :

Projekt "Analyser af shredderaffald ifht. farlighed"

BILAG 1
Journal nr.: U09-786

Metalfraktionerne af delprøve B

> 10 mm

4 – 10 mm

1 – 4 mm

31.01.2002

U09-786 Bilag 2

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

TEST Reg.nr. 168

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.: A34192
Kundenr.: 5500704
Ordrenr.: 407738
Prøvenr.: A3419202

Modt. dato: 2009.11.16

Sidenr.: 3 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffalds(del)prøver Delprøve A**
Prøvetype.....: Jord ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.16 - 2009.12.01

	Prøvenr.: A3419202 Prøve ID: Prøvemærke: U09-786	Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)
Aromatiske kulbrinter				
Benzen	**4.9 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	9
Toluen	**<0.20 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	9
Ethylbenzen	**6.2 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	12
Sum Xylener	**21 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	
o-Xylen	**4.8 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	9
m+p-Xylen	**9.7 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	7
Sum BTEX	**26 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID	
Kulbrintefraktioner				
Benzen-C10	**210 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID	12
>C10-C15	**230 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID	12
>C15-C20	**880 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID	12
>C20-C40	**17000 mg/kg ts.**	25	Reflab 4 GC/FID	12
Sum af kulbrinter(Benzen-C40)	**19000 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID	12
PAH-forbindelser				
Naphthalen	**2.8 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	11
Acenaphthylen	**0.35 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	12
Acenaphthen	**1.0 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	12
Fluoren	**1.4 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	17
Phenanthren	**7.9 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	26
Anthracen	**1.6 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	15
Fluoranthen	**4.2 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	20
Pyren	**3.6 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	17
Benz(a)anthracen	**0.93 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	14
Chrysen/Triphenylen	**2.5 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	12
Benzo(b+j+k)fluoranthen	**2.3 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	18
Benzo(a)pyren	**1.1 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	19
Indeno(1,2,3-cd)pyren	**0.62 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	21
Dibenzo(a,h)anthracen	**0.16 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	24

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

ilac-MRA DANAK TEST Reg.nr. 168

eurofins

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.:	A34192
Kundenr.:	5500704
Ordrenr.:	407738
Prøvenr.:	A3419202
Modt. dato:	2009.11.16
Sidenr.:	4 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shedderaffalds(del)prøver Delprøve A**
Prøvetype.....: Jord ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.16 - 2009.12.01

	Prøvenr.: A3419202 Prøve ID: Prøvemærke: U09-786	Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)
Benzo(g,h,i)perylen	**1.0 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	21
Sum af EPA PAH'er	**31 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS	
Polychlorerede biphenyler				
PCB nr. 28	**0.094 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 52	**0.14 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 101	**0.13 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 118	**0.11 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 138	**0.11 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 153	**0.082 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15
PCB nr. 180	**0.017 mg/kg ts.**	0.001	MK2004-GC/MS	15

Analysekommentarer:
Kromatogrammet viser indhold af uidentificerede komponenter med et kogepunktsinterval mellem 70°C og 520°C.
Detektionsgrænsen for totalkulbrinterne og/eller BTEX'erne er hævet, fordi prøvens fysiske egenskaber har gjort det nødvendigt at tilsætte ekstra ekstraktionsmiddel.
Enkeltkomponenterne ved GC-FID er alene bestemt udfra retentionstiden.

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

01. december 2009

Kundecenter: tlf.70224267 Hanne Jensen
Kontaktperson Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

U09 - 786 Bilag 3

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.: A33899
Kundenr.: 5500704
Ordrenr.: 407738
Prøvenr.: A3389902

Modt. dato: 2009.11.11

Sidenr.: 3 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shredderaffaldsdelprøver frasorteret metal**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.11 - 2009.11.24

	Prøvenr.: A3389902 Prøve ID: Delprøve B Prøvemærke: U09-786	Detekt. grænse	Metoder
Aromatiske kulbrinter			
Benzen	**<0.10 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Toluen	**<0.10 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Ethylbenzen	**<0.10 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum Xylener	**0.12 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
o-Xylen	**0.12 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
m+p-Xylen	**<0.10 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Sum BTEX	**0.12 mg/kg ts.**	0.10	Reflab 4 GC/FID
Kulbrintefraktioner			
Benzen-C10	**4.0 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
>C10-C15	**<5 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C15-C20	**16 mg/kg ts.**	5	Reflab 4 GC/FID
>C20-C40	**160 mg/kg ts.**	25	Reflab 4 GC/FID
Sum af kulbrinter(Benzen-C40)	**180 mg/kg ts.**	2.5	Reflab 4 GC/FID
PAH-forbindelser			
Naphthalen	**0.013 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthylen	**0.005 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Acenaphthen	**<0.005 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoren	**0.009 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Phenanthren	**0.062 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Anthracen	**0.011 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Fluoranthen	**0.074 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Pyren	**0.059 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benz(a)anthracen	**0.031 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Chrysen/Triphenylen	**0.041 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(b+j+k)fluoranthen	**0.059 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Benzo(a)pyren	**0.026 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	**0.015 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS
Dibenzo(a,h)anthracen	**0.005 mg/kg ts.**	0.005	Reflab 4 GC/MS

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Force Technology

Park Alle 345
2605 Brøndby

Att.: Susanne Westborg

Registernr.:	A33899
Kundenr.:	5500704
Ordrenr.:	407738
Prøvenr.:	A3389902
Modt. dato:	2009.11.11
Sidenr.:	4 af 4

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: Force Technology
Park Alle 345, 2605 Brøndby
Prøvested.....: **Shredderaffaldsdelprøver frasorteret metal**
Prøvetype.....: Andet ,
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2009.11.11 - 2009.11.24

	Prøvenr.: A3389902 Prøve ID: Delprøve B Prøvemærke: U09-786	Detekt. grænse	Metoder
Benzo(g,h,i)perylen	0.019 mg/kg ts.	0.005	Reflab 4 GC/MS
Sum af EPA PAH'er	0.43 mg/kg ts.	0.005	Reflab 4 GC/MS
Polychlorerede biphenyler			
PCB nr. 28	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 52	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 101	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 118	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 138	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 153	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS
PCB nr. 180	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2004-GC/MS

Analysekommentarer:
Kromatogrammet viser indhold af uidentificerede letkogende komponenter.
Kromatogrammet viser indhold af komponenter med et kogepunktsinterval som motor/smøreolie eller lign.
Enkeltkomponenterne ved GC-FID er alene bestemt udfra retentionstiden.

Tegnforklaring:
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

25. november 2009

Kundecenter: tlf.70224267 Hanne Jensen
Kontaktperson Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.