

## Muligheder for nyttiggørelse eller deponering af restprodukter fra danske affaldsforbrændingsanlæg i Danmark



Foto: DRH

DanWS-ID:	2023-164
Rekvirent:	DRH og NOAH
Forfatter:	Ole Hjelmar
Dato	15. februar 2024
Kvalitetssikring	Kenneth Schmidt Christiansen, Fjernvarme Fyn

## Indhold

Sammendrag og konklusioner .....	3
1 Formål .....	4
2 Restprodukter .....	4
3 Klassificering .....	4
4 Deponering – generelt og specielt for farligt affald .....	5
5 Deklarering og anvisning af affald til deponering .....	6
6 Deponering af restprodukter fra affaldsforbrænding .....	7
6.1 Overholdelse af grænseværdierne for stofudvaskning for modtagelse af affald på deponeringsenheder for farligt affald .....	7
6.2 Potentielle udfordringer i relation til deponering af restprodukter .....	8
6.2.1 Flyveaske og røggasrensningsprodukter .....	8
6.2.2 Filterkager .....	8
6.2.3 Gips .....	8
7 Nyttiggørelse af restprodukterne: Muligheder og udfordringer .....	9
7.1 Flyveaske og røggasrensningsprodukter .....	9
7.2 Filterkager .....	10
7.3 Gips .....	10
Appendix 1 Datagrundlag	
Appendix 2 Potentielle metoder til behandling af flyveaske og røggasrensningsprodukter fra affaldsforbrænding	

## Sammendrag og konklusioner

Dette notat belyser mulighederne for at nyttiggøre og/eller deponere restprodukter, dvs. flyveaske, røggasrensningsprodukter fra tør og semitør røggasrensning, filterkage fra våd røggasrensning og gips fra våd røggasrensning (men ikke slagge) fra danske affaldsforbrændingsanlæg, baseret på eksisterende viden. I notatet er der draget følgende hovedkonklusioner:

### Flyveaske og røggasrensningsprodukter

Flyveaske, som har en spejlindgang i det Europæiske Affaldskatalog (EAK), er som udgangspunkt klassificeret som farligt affald med EAK-kode **190113**, hvor den tilhørende EAK-kode 190114 vil kunne tildeles ikke-farlig flyveaske, mens restprodukterne fra tør eller semitør røggasrensning, hvis hovedkomponenter er flyveaske, kalciumklorid og ikke reageret kalk, er klassificeret som farligt affald med EAK-kode **190113** eller som absolut farligt affald med EAK-kode **190107**. Bl.a. på grund af meget høje kloridindhold kan hverken flyveaske eller røggasrensningsprodukter deponeres i Danmark uden forudgående behandling. Bortset fra HaloSep, som er under demonstration i fuld skala, findes der i Danmark pt. ingen behandlingsanlæg til nyttiggørelse af restprodukterne eller fjernelse af deres indhold af klorid (eller andre stoffer) med henblik på forberedelse til deponi i Danmark. Herudover kan det nævnes, at der for tiden kun findes ét deponeringsanlæg i Danmark, Odense Nord Miljøcenter, som har EAK-numrene **190113** og **190107** på deres positivliste, men herfra oplyses det, at man ikke har mulighed for at modtage flyveaske og røggasrensningsprodukter. De to typer restprodukter kan derfor pt. bortskaffes enten til nyttiggørelse hos NOAH i Norge, hvor de anvendes til neutraliseringsformål på Langøya, eller til nyttiggørelse ved opfyldning af gamle saltminer i Tyskland. Hvis dette ikke er muligt, må de eksporteres til deponering som farligt affald hos NOAH eller i tyske saltminer.

### Filterkager

Filterkagerne er klassificeret som absolut farligt affald med EAK-kode **190105**, og har et kloridindhold, der betyder, at de ikke ville kunne deponeres i Danmark uden forudgående behandling. Samtidig oplyser Odense Nord Miljøcenter, at man heller ikke har mulighed for at modtage denne type affald. Der findes heller ingen anvendelsesmuligheder for filterkagerne i Danmark. Filterkagerne opfylder i de fleste tilfælde betingelserne for nyttiggørelse i saltminerne i Tyskland, men pga. utilstrækkelig alkalinitet ikke altid kravene til nyttiggørelse hos NOAH i Norge. De mulige disponeringskanaler vil formentlig være eksport til nyttiggørelse eller deponering i Tyskland eller deponering hos NOAH i Norge.

### Røggasrensningsgips

Røggasrensningsgipsen er pt. klassificeret som absolut farligt affald med EAK-kode **190107**, men burde nok have en ikke-farlig spejlindgang, for eksempel EAK-kode 190108, da den gips, som der foreligger analyser af, ikke synes at besidde nogen af de egenskaber, som i henhold til Affaldsbekendtgørelsen kan gøre affald farligt. Gipsen kan, selv hvis den, som krævet i Deponeringsbekendtgørelsen for ikke-farligt gipsaffald, placeres i separate, hydraulisk adskilte celler eller deponeringsenheder, give anledning til betydelige tekniske og miljømæssige problemer, og deponering af røggasrensningsgips er derfor ikke nogen god løsning. Desuden oplyses det fra Danmarks eneste deponeringsanlæg med EAK-kode **190107** på positivlisten, Odense Nord Miljøcenter, at man ikke har mulighed for at modtage denne type affald.

Samarbejdet med Gyproc i Danmark omkring modtagelse af gips fra ét anlæg og forsøgene på fra andre anlæg at producere røggasrensningsgips, som efter omklassificering til en EAK-kode for ikke-farligt affald kan overholde kvalitetskravene til anvendelse i produktionen af gipsplader, bringes til ophør med lukningen af Gyproc i DK i marts 2024. Da der ikke pt. er etableret andre samarbejder inden for landets grænser, vil såvel nyttiggørelse som deponering af røggasrensningsgipsen indtil videre indebære eksport af denne.

Notatet er udarbejdet for DRH og NOAH af Danish Waste Solutions ApS og kvalitetssikret af Kenneth Schmidt Christiansen, Fjernvarme Fyn.

## 1 Formål

---

I dette notat belyses mulighederne for at nyttiggøre og/eller deponere restprodukter (eksklusive slagger) fra affaldsforbrænding i Danmark ud fra aktuel viden.

## 2 Restprodukter

---

Notatet omfatter følgende restprodukter:

- Flyveaske fra forbrændingsanlæg med våd røggasrensning (FLA)
- Røggasrensningsprodukter fra forbrændingsanlæg med tør og semitør røggasrensning (TP og STP)
- Filterkager fra forbrændingsanlæg med våd røggasrensning (FIK)
- Gips fra forbrændingsanlæg med våd røggasrensning (GIPS)

**Flyveaske** består af forholdsvis fine askepartikler, som følger med røggassen fra kedlen, og som udskilles i elektrofiltre eller posefiltre.

**Røggasrensningsprodukt** opstår ved rensning af røggassen for sure luftarter ved de såkaldte tørre eller semitørre røggasrensningsprocesser. Ved den tørre proces indblæses tørt kalkpulver, mens der ved den semitørre proces indblæses en forstøvet kalkopstemning i røggassen. I Danmark sker dette uden forudgående fjernelse af flyveaske, således af røggasrensnings-produkterne består af en blanding af flyveaske, reaktionsprodukter fra røggasrensningen (typisk domineret af  $\text{CaCl}_2$ ) og ikke-reageret kalk.

**Filterkage** dannes ved behandling af spildevand fra rensning af røggassen ved en vådproces, hvor røggassen vaskes i ét eller to trin.

**Gips** produceres direkte eller indirekte ved behandling af scrubbevandet fra det alkaliske vasketrin 2, hvor  $\text{SO}_2$  fjernes fra røggassen ved den våde røggasrensningsproces.

Da relevante data vedrørende indhold og udvaskning af relevante stoffer i ovennævnte typer af restprodukter sjældent publiceres, er notatet baseret på data og testning af prøver udleveret fra Dansk RestproduktHåndtering.

## 3 Klassificering

---

Betingelserne for håndtering og mulighederne for deponering af et restprodukt afhænger blandt andet af, om det skal klassificeres som ikke-farligt eller farligt affald i henhold til *Bekendtgørelse nr. 2512 af 10/12/2021 om affald* og til *Rådets forordning (EU) 2017/997 af 8. juni 2017 om ændring af bilag III til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/98/EF, for så vidt angår den farlige egenskab HP 14 »Økotoksisk«*. Klassificeringen baseres på egenskaberne og koncentrationerne af de specifikke stoffer, som de enkelte restprodukter indeholder, se Bilag 1.

Som udgangspunkt for en klassificering vil det være naturligt at starte med restprodukternes forhåndsklassificering i affaldslisten (EAK) i BEK 2512/2021. Her kan en given affaldstype være klassificeret som "absolut" farligt affald, "absolut" ikke-farligt affald eller med såkaldte spejlindgange, hvor det vil være en vurdering i relation til de 14 farlige egenskaber (HP'er) og indholdet af POP-stoffer, som afgør, om det pågældende affald tilhørende denne type skal klassificeres som ikke-farligt eller farligt affald.

I Tabel 3.1 ses, hvorledes de ovennævnte restprodukter er forhåndsklassificeret i affaldslisten. Som det fremgår, vil flyveaske, røggasrensningsprodukter (som indeholder flyveaske) og filterkager generelt være klassificeret som farligt affald. Det samme gælder for gips, som formelt hører under samlebetegnelsen "**EAK 190107 Fast affald fra røggasrensning**", men som nok under hensyntagen til fraværet af observerede farlige egenskaber burde have haft eller have sin egen EAK-kode eller spejlindgang (f.eks. 190108) eller placeres under "EAK 190199 Andet affald, ikke andetsteds specificeret" som ikke-farligt affald. Dette vil dog i givet fald i hvert enkelt tilfælde kræve en omklassificering udført af den kompetente myndighed. En spejlindgang (190108) ville måske være den sikreste, hvis der på et tidspunkt skulle fremkomme et gipsprodukt med farlige egenskaber.

Tabel 3.1 Klassificering af restprodukterne i henhold til affaldslisten. EAK-numre for farligt affald er vist med fed skrift.

Restprodukt	Klassificering i EAK	Kommentar
Flyveaske, FLA	<b>190113</b> /190114	Spejlindgang. En worst case-vurdering baseret på middelværdien for faststofindholdet i de 9 flyveaske i Bilag 1 indikerer "farligt affald". Den af DanWS udviklede biotilgængelighedstest giver samme svar for to flyveaske, for hvilke der foreligger pH-statistiske testresultater: <b>190113</b>
Røggasrensingsprodukter, Tørt Produkt (TP) og Semitørt Produkt (STP)	<b>190113</b> /190114 eller <b>190107</b>	Produkterne består af en blanding af flyveaske og reaktionsprodukter fra røggasrensningen (domineret af calciumklorid og ikke-reageret kalk). Klassificeres normalt som farligt affald i henhold til farligt-affalds-delen, <b>190113</b> , af spejlindgangen for flyveaske eller som absolut farligt i henhold til <b>190107</b> . Ikke-farligt TP eller STP kan klassificeres som 190114, den ikke-farlige del af spejlindgangen for flyveaske.
Filterkager, FIK	<b>190105</b>	Defineret som absolut farligt affald i EAK
Gips, GIPS	<b>190107</b>	Defineret som absolut farligt affald i EAK, men ingen af de stoffer, som er analyseret i Bilag 1 under Faststofindhold, kan medføre klassificering som farligt affald i henhold til Affaldsbekendtgørelsen eller Forordningen om HP14. Det samme gælder for indholdet af POP-stofferne PFOA, PFHxS og PCDD/PCDF, som på grundlag af de (forholdsvis få) foreliggende data ikke overstiger de seneste grænseværdier i Bilag IV til POP-forordningen. Måske kunne en omklassificering, eventuelt på anlægsniveau, til f.eks. EAK-kode 190199 eller en ny spejlkode 190108, som nævnt ovenfor, diskuteres?

Der er ikke fundet relevante informationer om POP-stoffer (polyklorerede dibenzodioxiner og polyklorerede dibenzofuraner, PCDD/PCDF) i flyveaske, røggasrensingsprodukter eller filterkager.

## 4 Deponering – generelt og specielt for farligt affald

Hvis en affaldstype skal kunne deponeres i Danmark, skal den dels opfylde betingelserne i *Bekendtgørelsen nr. 1253 af 21/11/2019 om deponeringsanlæg* (Deponeringsbekendtgørelsen), dels være opført på positivlisten for en relevant deponeringsenhed på relevante deponeringsanlæg.

Der må ikke deponeres affald, som ikke har været underkastet forbehandling, herunder sortering, med mindre at en forbehandling ikke vil nedbringe mængden af affaldet eller farerne for menneskers sundhed eller miljøet. Affald eller affaldstyper til deponering skal være underkastet en grundlæggende karakterisering, hvoraf følgende obligatoriske informationer skal fremgå (og fremsendes til deponeringsanlægget forud for aflevering af affaldet):

- 1) Oplysninger om affaldets kilde og oprindelse.
- 2) Oplysninger om den proces, hvor affaldet er frembragt, herunder beskrivelse og karakterisering af råmaterialer og produkter.
- 3) Beskrivelse af den forbehandling, der er anvendt, eller en beskrivelse af, hvorfor en behandling ikke anses for nødvendig.
- 4) Oplysninger om affaldets sammensætning.
- 5) Oplysninger om affaldets udvaskningsegenskaber for så vidt angår inert og farligt affald og for mineralsk affald, når det deponeres sammen med farligt affald. Udvasningstestning af affaldet skal følge retningslinjerne for karakteriseringstestning beskrevet i Bilag 6.
- 6) Oplysninger om affaldets lugt, farve og fysiske form.
- 7) Oplysninger om affaldets EAK-kode i listen over affald i Affaldsbekendtgørelsen.
- 8) For så vidt angår spejlindgange for farligt affald, skal der være oplysninger om det pågældende affalds farlige egenskaber.
- 9) Oplysninger, som viser, at affaldet ikke er omfattet af forbud mod deponering, jf. §52 i Affaldsbekendtgørelsen.
- 10) Hvilken affaldsklasse affaldet tilhører (inert, mineralsk, blandet eller farligt affald).
- 11) Beskrivelse af sikkerhedsforanstaltninger, som skal træffes på deponeringsanlægget, hvis der er behov herfor.
- 12) Vurdering af, om affaldet eller dele heraf kan genanvendes eller nyttiggøres på anden måde.
- 13) Oplysninger om affaldets fysiske stabilitet og bæreevne for så vidt angår farligt affald."

Hvis deponeringsanlægget på baggrund af oplysningerne fra den grundlæggende karakterisering kan konstatere, at affaldet ikke tilhører en affaldstype, der er optaget på positivlisten for den relevante deponeringsenhed, og deponeringsanlægget ønsker at modtage affaldstypen, skal deponeringsanlægget anmode tilsynsmyndigheden (Miljøstyrelsen) om, at affaldstypen optages på positivlisten.

For de ovenfor nævnte restprodukter, kan kun deponeringsenheder for **farligt affald** og deponeringsenheder for **mineralsk affald, som modtager stabilt, ikke-reaktivt farligt affald**, som beskrevet i BEK 1253/2019, Bilag 3, afsnit 6.5 og afsnit 8, komme på tale.

Affald til deponeringsenheder for farligt affald skal være klassificeret som farligt affald og skal have et indhold af TOC, som er mindre end 6 % (eller en DOC-værdi, som ikke overstiger 1000 mg/kg ved udvaskning ved L/S = 10 L/kg ved affaldets eget-pH eller ved en fastholdt pH-værdi på mellem 7,5 og 8). Derudover skal affaldet overholde de grænseværdier for stofudvaskning ved L/S = 2 L/k (ved EN 12457-1), som er vist i Bilag 1.

Affald til deponeringsenheder for mineralsk affald, som modtager stabilt, ikke-reaktivt farligt affald, skal være klassificeret som farligt affald eller som mineralsk affald, og skal have et indhold af TOC, som ikke overstiger 5 % (eller en DOC-værdi, som ikke overstiger 800 mg/kg ved udvaskning ved L/S = 10 L/kg ved affaldets eget-pH eller ved en fastholdt pH-værdi på mellem 7,5 og 8). Derudover skal affaldet ved kontakt med vand have et pH på minimum 6, og det skal overholde de grænseværdier for stofudvaskning ved L/S = 2 L/k (ved EN 12457-1), som er vist i Bilag 1.

Der findes i dag kun tre danske deponeringsanlæg, som har aktive deponeringsenheder for farligt affald:

Nordværk i Aalborg  
Reno Djurs i Balle ved Glatved  
Odense Nord Miljøcenter ved Stige

Nordværks positivlister omfatter **ikke nogen af** de aktuelle EAK-koder (**190105, 190107, 190113**)  
Reno Djurs' positivlister omfatter **ikke nogen af** de aktuelle EAK-koder (**190105, 190107, 190113**)  
Odense Nord Miljøcenters positivlister omfatter **alle** de aktuelle EAK-koder (**190105, 190107, 190113**)

I øjeblikket ville det således teoretisk kun være muligt at modtage restprodukterne til deponering på Odense Nord Miljøcenter (se dog afsnit 6.2). Man kunne i givet fald også kontakte de to andre deponeringsanlæg med enheder for farligt affald og – som nævnt ovenfor – undersøge, om det ville være muligt at få et eller flere af restprodukterne optaget på deres positivlister. Begge dele forudsætter dog, at en række andre betingelser er opfyldt, og at man rent faktisk vil og kan modtage restprodukterne på deponeringsanlæggene.

Såfremt man som affaldsproducent kommer udefra og ikke er medejer af anlægget, så kræver nogle deponeringsanlæg, at der forudgående indgås en samarbejdsaftale (med kommunen), som indeholder en klausul om hæftelse for potentielle fremtidige udgifter. Prisen er derefter ens for alle deponeringsanlæggets brugere uanset affaldsproducentens tilhørskommune, men da der fremadrettet kan opstå "*ikke-indregnede omkostninger*" knyttet til deponeret affald, så hæfter man solidarisk med at bidrage til dækning af eventuelle ikke-indregnede omkostninger, således at disse ikke alene overvælttes på deponeringsanlægget og dets ejere.

Det kan bemærkes, at hvis de ca. 91.000 tons restprodukter fra danske termiske affaldsenergianlæg, som produceres årligt (2022-tal), på grund af manglende muligheder for nyttiggørelse eller eksport til nyttiggørelse eller deponering alle skulle deponeres som farligt affald i Danmark, ville det i runde tal svare til en fordobling af den mængde affald, som i dag modtages på de danske deponeringsenheder for farligt affald.

## 5 Deklarering og anvisning af affald til deponering

---

Sagsgangen fra restprodukterne er produceret til de modtages (eller afvises) på et deponeringsanlæg, kan beskrives som følger:

En affaldsproducent, som ønsker at bortskaffe affald til deponering, skal i henhold til Affaldsbekendtgørelsen (BEK 2512/2021) indledningsvis henvende sig til hjemkommunen med oplysning om, hvilket affald det drejer sig om, og hvor meget man forventer at skulle deponere. Affaldsproducenten modtager fra hjemkommunen en anvisning af affaldet til et konkret deponeringsanlæg, hvis hjemkommunen er enig i klassificeringen, herunder placeringen i affaldshierarkiet (§ 4 i Affaldsbekendtgørelsen). Anvisningen specificerer, hvilket deponeringsanlæg, affaldet skal tilføres, og hvilken/hvilke EAK-kode(r), der skal benyttes. Hvis der er flere forskellige

typer affald, kan der være anvisninger til flere enheder/anlæg. Anvisningen sendes også pr. email til det/de deponeringsanlæg, som affaldet er anvist til.

Efter modtagelsen af anvisningen fra kommunen udarbejder affaldsproducenten en affaldsdeklaration, som fremsendes til deponeringsanlægget senest 14 dage før det forventes tilført anlægget. Affaldsdeklarationen, som mange deponeringsanlæg anvender en fælles web-baseret version af, skal i store træk indeholde de samme oplysninger, som kræves af den grundlæggende karakterisering (se ovenfor), og som i princippet skal foreligge for hvert læs affald, som tilføres deponeringsanlægget<sup>1</sup>. Sammen med eller som en del af affaldsdeklarationen skal der foreligge resultater af en grundlæggende karakteriseringstestning (efter de retningslinjer, som er givet i Deponeringsbekendtgørelsens Bilag 6). Af deklarationen skal det bl.a. fremgå, om restprodukterne overholder de relevante grænseværdier for stofudvaskning (se f.eks. Bilag 1). Deponeringsanlægget vurderer deklarationen og meddeler indenfor 14 dage affaldsproducenten, om man kan modtage det pågældende affald, eller om det afvises (eller eventuelt om der ønskes supplerende oplysninger).

Ved ankomsten af et accepteret affaldslæs til deponeringsanlægget, præsenteres deklarationen, og der foretages fra anlæggets side (hvis det er muligt) en visuel vurdering af, om affaldet svarer til det på forhånd deklarerede og forventede affald. Hvis dette er tilfældet, indvejes affaldet og tilføres den relevante deponeringsenhed. Efter aflæsning sker der en yderligere vurdering af affaldet. Hvis læsset ikke kan godkendes, fordi det ikke svarer til deklarationen, må transportøren tage affaldet med igen, og hjemkommune samt tilsynsmyndighed orienteres herom.

For kommunernes anvisning af affald til deponering gælder generelt nærhedsprincippet, og man vil i det omfang, det er muligt, skulle anvise til deponeringsanlæg inden for kommunens eller et kommune-fællesskabs egne grænser. Hvis der ikke findes et deponeringsanlæg inden for disse grænser, eller hvis det/de deponeringsanlæg, som findes, eksempelvis ikke har de relevante typer deponeringsenheder, vil det være nødvendigt at anvise til deponeringsanlæg uden for kommunen/kommune-fællesskabet, som har disse enheder. Sådanne anvisninger kan, som beskrevet ovenfor, kræve, at der oprettes en aftale/kontrakt mellem anvisningskommunen og deponeringsanlægget eller den/de kommune(r), som ejer/driver deponeringsanlægget. Det er naturligvis en forudsætning, at det pågældende deponeringsanlæg kan og vil modtage det pågældende affald.

## 6 Deponering af restprodukter fra affaldsforbrænding

### 6.1 Overholdelse af grænseværdierne for stofudvaskning for modtagelse af affald på deponeringsenheder for farligt affald

I Bilag 1 er der foretaget en sammenligning af resultaterne af batchudvaskningstests på restprodukterne udført ved L/S = 2 L/kg (EN 12457-1) og ved L/S = 10 L/kg (EN 12457-10) med de relevante grænseværdier for modtagelse på deponeringsenheder for farligt affald. I tabel 6.1 ses resultaterne for klorid, som er det dominerende (og stort set eneste) kritiske stof med hensyn til overholdelse af grænseværdierne.

Tabel 6.1 Sammenligning af udvaskede mængder klorid fra restprodukterne med grænseværdierne for modtagelse af affald på deponeringsenheder for farligt affald.

Restprodukt	EAK-kode	Udvaskede kloridmængder ved L/S = 2 L/kg	Grænseværdi for udvasket mængde klorid ved L/S = 2 L/kg ved modtagelse af affald på deponeringsenheder for farligt affald
		mg/kg	mg/kg
Flyveaske, FLA	190113	108.000 – 166.000	17.000
Røggasrensingsprodukter, TP og STP	190113 eller 190107	163.000 – 214.000	17.000
Filterkager, FIK	190105	29.000 – 358.000	17.000
Gips, GIPS	190107	101 - 1100	17.000

<sup>1</sup> En deklaration kan godkendes for et år ad gangen, for eksempel for virksomheder, der forventes at levere samme type affald hele tiden (hvilket må antages at være tilfældet for et forbrændingsanlæg). Ved forlængelse af godkendelsen/deklarationen skal der som minimum hvert år foreligge en overensstemmelsestest for det/de berørte restprodukt(er). I alle andre tilfælde skal der foreligge en anvisning og en deklaration for hvert læs affald, der tilføres et deponeringsanlæg.

Som det fremgår af tabellen, kan hverken flyveaske, røggasrensningsprodukter eller filterkager modtages på deponeringsenheder for farligt affald (eller nogen andre danske deponeringsenheder), med mindre restprodukterne undergår en forbehandling, som reducerer kloridudvaskningen til mindre end 17.000 mg/kg ved L/S = 2 L/kg (EN 12457-1) og/eller til mindre end 25.000 mg/kg ved L/S = 10 L/kg (EN 12457-2). Der er udviklet metoder, som blandt andet kan reducere kloridindholdet i flyveaske og røggasrensningsprodukter forud for deponering (f.eks. VKI-processen og FerroX-processen), men ingen af disse er kommercielt tilgængelige eller afprøvet i fuld skala. Der findes, så vidt vides, ikke for nuværende nogen behandlingsprocesser i Danmark udviklet specielt til reduktion af kloridindholdet i filterkager fra vådprocessen (se dog HaloSep under 7.1).

Gipsen overholder ganske vist kravet til udvaskning af klorid, og overholder sådan set udvaskningskravene til modtagelse både på deponeringsenheder for farligt affald og deponeringsenheder for mineralsk affald som modtager stabilt, ikke-reaktivt farligt affald, men kan ved deponering give andre problemer, som diskuteres særskilt nedenfor.

Det skal bemærkes, at dette notat er baseret på eksisterende data, og at der for nogle restprodukter og stoffer er betydelige variation i stofindhold og stofudvaskning mellem de prøver og testresultater for de enkelte restprodukter, som er vist i Bilag 1. Det kan derfor ikke garanteres, at de anvendte data er fuldt ud repræsentative for danske restprodukter, specielt hvad angår stofudvaskning. Datamaterialet er desuden for begrænset til at det er muligt at eliminere eventuelle "outliers".

## 6.2 Potentielle udfordringer i relation til deponering af restprodukter

### 6.2.1 Flyveaske og røggasrensningsprodukter

Flyveaske og røggasrensningsprodukter (indeholdende flyveaske) har som vist i Tabel 6.1 og Bilag 1 meget høje indhold af klorid. Kloriderne er primært til stede som umiddelbart stærkt opløseligt calciumklorid ( $\text{CaCl}_2$ ), der stammer fra reaktionen mellem saltsyre (HCl) i røggassen og kalk, som har været til stede som CaO i affaldet eller er tilsat som  $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$  under røggasrensningen. Grænseværdierne for klorid ved deponering i BEK 1253/2019 om deponeringsanlæg er sat for at reducere de miljømæssige problemer, som store mængder klorid i perkolatet kan give, både med hensyn til rensning og eventuelle udslip af perkolatet, og fordi høje koncentrationer af klorid kan mobilisere tungmetaller og sporelementer, så de udvaskes og yderligere belaster perkolatet. På grund af indholdet af Ca-, Na- og K-oxider i flyveasken og restkalk i røggasrensningsprodukterne vil perkolatet ved deponering af disse normalt være alkalisk, hvilket kan give anledning til udfældning calciumkarbonat og tilstopning af drænsystemerne. På grund af varierende input og forbrændingsforhold kan sammensætningen af flyveasken variere betydeligt. Det fremgår for eksempel af udvaskningsresultaterne for de to flyveasker, de er vist i Bilag 1. Den ene har et neutralt pH og en meget høj udvaskning af bl.a. Cd, Pb og Zn, som langt overskrider grænseværdierne for deponering, mens den anden er alkalisk og har en meget lav udvaskning af de tre tungmetaller, som alle overholder kravene til deponering. Begge flyveasker har dog kloridindhold, som langt overskrider grænserne for deponering.

### 6.2.2 Filterkager

Også filterkager har betydelige indhold af klorider, som skal reduceres for at overholde grænseværdien for modtagelse på deponeringsenheder for farligt affald (filterkagerne er jo klassificeret som absolut farligt affald). Ligesom FLA og RGRP er filterkagerne karakteriseret ved varierende, men ofte høje faststofindhold af især Zn, men mere moderate indhold af Cd og Pb. Indholdet af Hg er betydeligt højere end i FA og RGPR. Eluatet fra stofudvaskning er moderat alkalisk. Ved deponering sammen med andre restprodukter (efter behandling, så grænseværdierne for kloridudvaskning overholdes) vil filterkagerene næppe have nogen betydende kritisk indflydelse på perkolatet, da denne restproduktstrøm er forholdsvis lille.

### 6.2.3 Gips

Selv om gipsen formelt set opfylder udvaskningskravene til deponering på enheder for farligt affald og enheder for mineralsk affald, der modtager stabilt, ikke-reaktivt farligt affald, må gips generelt betegnes som uegnet til deponering i henhold til deponeringsbekendtgørelsen, og deponering af restproduktgips, som jo kan beskrives som næsten ren calciumsulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) med et lille indhold af urenheder, bør derfor i videst mulige omfang undgås. I Deponeringsbekendtgørelsen forbydes deponering af gipsaffald i enheder for blandet affald, og af Bilag 3, afsnit 6.2 i bekendtgørelsen fremgår det, at: "Gipsaffald, der ikke er klassificeret som farligt affald – og efterlever definitionerne på mineralsk affald – må kun optages på en positivliste for deponeringsanlæg eller deponeringsenheder for mineralsk affald. Hvis gipsaffaldet deponeres sammen med andet mineralsk affald, skal det dokumenteres, at det mineralske affald overholder en grænseværdi for DOC på 380 mg/kg i eluat fra EN 12457-1." En af hovedårsagerne til forbuddet mod deponering af gips i enheder for blandet affald, er, at



sulfaten, der udvaskes fra gipsen, ved kontakt med biologisk aktivt perkolat fra bionedbrydeligt affald kan give anledning til dannelse af svovlbrinte ( $H_2S$ ), der er en meget giftig og meget ildelugtende gasart, som frigives fra perkolatet ved pH- værdier under ca. 9. Udover de direkte gener og sundhedsrisici kan svovlbrinte- eller sulfidholdigt perkolat ved betonbrønde og transport gennem betonrør give anledning til dannelse af svovlsyre over vandspejlet og voldsom korrosion af betonen. Der er nylige eksempler på, at svovlbrintedannelse på deponeringsenheder for blandet affald har givet anledning til store miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer (og betydelige ekstraudgifter ved driften). Det må betegnes som en fejl, at deponering af gips klassificeret som farligt affald, ikke er omfattet af tilsvarende regler, specielt da kravene til TOC i affaldet og DOC i eluatet fra udvaskningstests er højere end for mineralisk affald. Gipsproduktet bør, som anført i Deponeringsbekendtgørelsen, først og fremmest genanvendes/nyttiggøres, men hvis dette ikke er muligt og det skal deponeres, bør dette – uanset om det er klassificeret som farligt eller ikke-farligt affald – ske i separate, hydraulisk adskilte celler eller enheder.

## 7 Nyttiggørelse af restprodukterne: Muligheder og udfordringer

---

### 7.1 Flyveaske og røggasrensningsprodukter

Som det fremgår af afsnit 6 kan hverken flyveaske eller røggasrensningsprodukter deponeres uden forbehandling, og det samme gælder med hensyn til mulighederne for nyttiggørelse. Der er udviklet en række metoder til behandling af disse restprodukter med henblik på nyttiggørelse (enkelte også – som de førnævnte danskudviklede metoder VKI-processen og FerroX-processen (afsnit 6.1) med henblik på deponering). Mange af disse metoder er oplistet i Bilag 2. Nogle af processerne, herunder specielt britiske O.C.O. Technology, bygger på principper, som ikke umiddelbart harmonerer med dansk miljøpolitik. Økonomien i de fleste af metoderne er følsom overfor variationer i markedsforholdene (efterspørgsel/afsætningsmuligheder og produktpriser). Mange af processerne producerer udover produkter til nyttiggørelse fortsat affaldsstrømme til deponering. Kun HaloSep er under demonstration i fuld skala i Danmark.

Bortskaffelse af flyveaske og røggasrensningsprodukter til nyttiggørelse er gennem de senere år fortrinsvis sket til neutraliseringsformål hos NOAH på Langøya i Norge, eller til opfyldning af gamle saltminer i Tyskland.

**NOAH** anvender alkalisk affald, herunder flyveaske/røggasrensningsprodukt fra affaldsforbrændingsanlæg eller Waste to Energy-, WtE-anlæg, som de også kaldes, til neutralisering af syreaffald, hvilket på Langøya klassificeres som nyttiggørelse (R5), idet flyveasken/røggasrensningsprodukterne erstatter brugen af jomfruelig kalk, som ellers skulle have været anvendt til neutralisationen. Dog er der fastsat en pH-grænse på minimum 9 for at sikre, at flyveasken/røggasrensningsprodukterne indeholder en tilstrækkelig mængde CaO, som er den aktive alkaliske del i neutraliseringsprocessen. Fraktioner med pH < 9 anses derfor ikke som nyttiggørelse og klassificeres derfor som D-status (deponering).

I **Tyskland** nyttiggøres restprodukterne som nævnt ved opfyldning af gamle saltminer, hvor restprodukterne erstatter andre naturlige fyldstoffer. De forskellige miner anvender forskellige teknologier til at transportere restprodukterne ned i minerne (spuling i en saltopløsning eller hejsning i elevatorer). Nede i minen transporteres materialet på opslæmmet form over mange km i rør eller med lastbil. Teknologisk er der derfor en række forskellige krav til restprodukterne for, at disse kan anvendes i miner. Materialerne må ikke have væsentlig brændværdi, udvikle gasser, indeholde metaller, som sammen med restvand kan lede til brintudvikling, indeholde klumper, som kan lede til skader og tilstopninger i anlæggenes sendesystemer, materialet skal have bæreevne, og en række arbejdsmiljømæssige krav skal ligeledes kunne håndteres. Arbejdsmiljø for medarbejderne i minerne er en speciel udfordring, når restprodukterne transporteres i big bags, idet disse håndteres manuelt (og endda skæres op) på vejen ned i minen. Så længe restprodukterne kan transporteres i lukkede systemer (rør og siloer), er arbejdsmiljøproblemerne mindre. Nogle miner kan opskære big bags og blande restprodukterne i det opslæmmede materiale over jorden.

Det er derfor ikke altid muligt at eksportere flyveaske/røggasrensningsprodukter som indeholder hårde klumper, eller som er emballeret i bigbags til nyttiggørelse i tyske miner.

I forbindelse med revisioner og rengøring af de danske termiske affaldsenergianlægs hede-flader opstår der med jævne mellemrum en fraktion af flyveasker i big bags (totalt set nogle få hundrede t/år), som ikke kan sendes til nyttiggørelse eller deponi i saltminerne. Disse revisionsasker indeholder typisk en mængde hårde klumper (bly og metaloxider) fra risteområdet og hårde klumper fra nedsprængning af hede-flader/filtre, som minerne under hensyntagen til tilstopning og arbejdsmiljø ikke kan modtage. Mulighederne for bortskaffelse af disse fraktioner af flyveasken/røggasrensningsprodukter, som er klassificeret som farligt affald, synes at være

eksport til deponering (eller eventuel nyttiggørelse efter knusning) på Langøya og i tyske saltminer. De udgør dog kun en meget lille andel af den samlede mængde flyveaske/røggasrensningsprodukter.

## 7.2 Filterkager

Filterkagerne opfylder i de fleste tilfælde betingelserne for modtagelse til nyttiggørelse i Tyskland, men på grund af ringe alkalinitet ikke altid hos NOAH.

## 7.3 Gips

Gennem de senere år har de gipsproducerende forbrændingsanlæg i Danmark i samarbejde med Gyproc arbejdet på kunne producere røggasrensningsgips af en kvalitet, som vil muliggøre anvendelse af gipsen til produktion af nye gipsplader, hvor den bl.a. ville erstatte virgin rågips.

Ved årsskiftet 2023/2024 leverer ét anlæg allerede 100% af gipsproduktionen til Gyproc, og flere andre anlæg er på trods af diverse udfordringer kommet så langt, at de på dette tidspunkt stod overfor prøveleveringer af mindre partier gips til Gyproc. Men Gyproc/Saint-Gobain har meddelt, at de stopper produktionen af gipsplader i Danmark i marts 2024. Herefter findes der kun én større producent af gipsplader i Danmark, nemlig Danogips/Knauf. Der findes pt. ikke nogen aftaler med Danogips/Knauf i Danmark om modtagelse eller forsøg med anvendelse af røggasrensningsgips. Det skal nævnes, at anvendelse til produktion af gipsplader forudsætter, at røggasrensningsgipsen (om)klassificeres som ikke-farligt affald.

Såfremt det ikke lykkes at finde indenlandske aftagere, kan det derfor blive nødvendigt at eksportere røggasrensningsgipsen, hvis den skal genanvendes/nyttiggøres.

## Bilag 1: Datagrundlag

Type af restprodukt (baseret på APC-system)	Prøve-ID	Faststof-analyser	Udvasknings-tests	PFAS i faststof og eluat	Navn i MST-rapport om PFAS	Oprindelse af resultater/prøver
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-1	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-2	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-3	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-4	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-5	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-6	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-7	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-8	DRH				Resultater fra DRH nov. 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-9	DRH				Resultater fra DRH nov. 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-10		DanWS	DanWS	FA1	Prøver fra DRH nov. 2023
Flyveaske fra vådanlæg	FLA-11		DanWS	DanWS	FA2	Prøver fra DRH nov. 2023
RGRP-semitørt	STP-1	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
RGRP-semitørt	STP-2	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
RGRP-semitørt	STP-3	DRH				Resultater fra DRH nov. 2023
RGRP-semitørt	STP-4	DRH				Resultater fra DRH nov. 2023
RGRP-semitørt	STP-5		DanWS	DanWS	RGRP2	Prøver fra DRH nov. 2023
RGRP-semitørt	STP-6		DanWS	DanWS	RGRP3	Prøver fra DRH nov. 2023
RGRP-tørt	TP-1	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
RGRP-tørt	TP-2	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
RGRP-tørt	TP-3	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
RGRP-tørt	TP-4	DRH	DRH			
RGRP-tørt	TP-5	DRH	DanWS	DanWS	RGRP1	Prøver fra DRH nov. 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-1	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-2	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-3	DRH	DRH			Resultater fra DRH juli 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-4	DRH	DRH			Resultater fra DRH juli 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-5	DRH	DRH			Resultater fra DRH juli 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-6	DRH				Resultater fra DRH nov. 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-7	DRH				Resultater fra DRH nov. 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-8		DanWS	DanWS	FK1	Prøver fra DRH nov. 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-9		DanWS	DanWS	FK2	Prøver fra DRH nov. 2023
Filterkage fra vådanlæg	FIK-10		DanWS	DanWS	FK3	Prøver fra DRH nov. 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-1	DRH	DRH			Resultater fra DRH juli 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-2	DRH	DRH			Resultater fra DRH juli 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-3	DRH	DRH			Resultater fra DRH nov. 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-4	DRH				Resultater fra DRH nov. 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-5		DanWS	DanWS	Gips1	Prøver fra DRH nov. 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-6		DanWS	DanWS	Gips2	Prøver fra DRH nov. 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-7		DanWS	DanWS	Gips3	Prøver fra DRH nov. 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-8	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Gips fra vådanlæg	GIPS-9	DRH				Resultater fra DRH juli 2023
Udvaskningstests udført for DRH er udført ved L/S = 10 L/kg i henhold til EN 12457-2						
Udvaskningstests udført for DanWS er udført ved L/S = 2 L/kg i henhold til EN 12457-1						

## Flyveaske fra våd røggasrensning: Faststofindhold

Analyser af faststofindhold i prøver af flyveaske fra forbrændingsanlæg med våd røggasrensning												
Type af restprodukt:	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske	Flyveaske		
Type af APC-proces:	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC		
Parameter	Enhed	FLA-5	FLA-1	FLA-2	FLA-4	FLA-3	FLA-6	FLA-7	FLA-8	FLA-9	Middel	N
CaO	%		6			15,7		15,1			12	3
Tørstof	%	99,4	99,4		100	100	100	99,6			100	6
TN	% TS	0,053	0,054		0,023		0,048	0,061	0,058	0,099	0,057	7
Ag	mg/kg TS	31,4	58,9	31,58	17,3	20,1	33,4	15,6			30	7
Al	mg/kg TS	16900	8330	13832	15980	17780	15100	13700			14517	7
As	mg/kg TS	122	291	323	353,6	452,4	380	87	320	200	281	9
Ba	mg/kg TS	1360	1310	1612	1446	1062	1320	1030	1200	1200	1282	9
Bi	mg/kg TS	63,9	171	119	44,9	58,4	152	46,9			94	7
Br	mg/kg TS	2370	3970	2917	905,7	952,4	2540	1370			2146	7
Ca	mg/kg TS	178000	81700	113220	134700	207600	132000	258000			157889	7
Cd	mg/kg TS	131	323	187	96,7	87,9	214	52	300	320	190	9
Ce	mg/kg TS	49,1	39,1	44	13,6	43,8	48,2	43,7			40	7
Cl	mg/kg TS	136000	172000	144111	48420	60190	132000	152000			120674	7
Co	mg/kg TS	40	40	40	0,1	17,6	40	40			31	7
Cr	mg/kg TS	408	259	380,8	276,2	464,8	497	344	200	120	328	9
Cr(VI)	mg/kg TS								32	62	47	2
Cu	mg/kg TS	1660	3820	2231	907,9	1080	1600	743	2100	2300	1827	9
Fe	mg/kg TS	15100	11500	13470	15210	11160	11900	8710			12436	7
Hg	mg/kg TS	5	36,8	5	0,3	0,3	5	5	0,39	13	8	9
K	mg/kg TS	66500	86100	71330	86450	52700	75800	36600			67926	7
La	mg/kg TS	30,8	24,6	32	30,9	28,9	32,6	31,6			30	7
Mg	mg/kg TS	9120	4110	5864	9203	10210	6290	7730			7504	7
Mn	mg/kg TS	1060	659	696	788,8	728,6	1190	642			824	7
Mo	mg/kg TS	24,5	21,8	21	12,6	17,1	16,9	7,9	22	20	18	9
Na	mg/kg TS	46500	65000	58740	48600	37470	57500	25500			48473	7
Ni	mg/kg TS	86	73,3	76,0	62,5	47,4	83,7	42,5	87	76	70	9
P	mg/kg TS	7910	3310	4670	5733	4509	4270	3410			4830	7
Pb	mg/kg TS	3770	13300	7408	2922	3358	5200	1770	6400	8100	5803	9
Rb	mg/kg TS	119	187	134	130,2	99,4	132	69,1			124	7
S	mg/kg TS	42600	49000	51490	87260	85530	58400	67500			63111	7
Sb	mg/kg TS	953	2270	1604	702	796,1	1280	515		1100	1153	8
Se	mg/kg TS	2	2 - 12,4		2	3,1	2	2	8,5	10	4,0	8
Si	mg/kg TS	56500	45000	47480	94110	56740	44700	37000			54504	7
Sn	mg/kg TS	757	2340	1430,3	601	793,6	1250	400			1082	7
Sr	mg/kg TS	528	340	408,3	635,1	547,2	458	445			480	7
Ti	mg/kg TS	9280	5290	7303	5729	9147	7610	6040			7200	7
Tl	mg/kg TS	10	10	10	4,6	3,9	<10	<10			7,7	5
U	mg/kg TS	6,1	16,3	11	3,6	5,1	8,1	3,9			7,8	7
V	mg/kg TS	70,7	45	66	85,3	88,8	76,3	51,9	38	35	62	9
W	mg/kg TS	200	200	200	65,1	72,6	200	200			163	7
Zn	mg/kg TS	24200	56700	44380	15480	23430	34100	14100	41000	48000	33488	9
TOC	% TS					1,5			0,42	4,2	2,0	3
Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen												
N = antal målinger												

## Flyveaske fra våd røggasrensning: Stofudvaskning ved L/S = 2 L/kg

Resultater af udvaskningstests ved L/S = 2 L/kg (EN 12457-1)							
Type af restprodukt:	Flyveaske	Flyveaske	Grænseværdier for modtagelse			Enhed for	
Type af APC-proces:	Våd APC	Våd APC	på deponeringsenheder for			mineralsk	
Parameter	Enhed	FLA-10	FLA-11	FA1	FA2	FA3	MA1
pH	-	6,9	10,7				> 6
Ledn.evne	mS/m	11600	8300				
Klorid	mg/kg TS	165600	108400	17000	17000	17000	10000
Fluorid	mg/kg TS	26	20	200	200	200	60
Sulfat	mg/kg TS	17600	35200	25000	25000	25000	10000
Ca	mg/kg TS	2760	1580				
Mg	mg/kg TS	1032	0,46				
Na	mg/kg TS	62800	48800				
K	mg/kg TS	59600	42400				
Al	mg/kg TS	1	6,5				
As	mg/kg TS	0,5	0,5	6,0	6,0	6,0	0,40
Ba	mg/kg TS	1,4	0,89	100	100	25	30
Cd	mg/kg TS	336	0,063	3,0	3,0	3,0	0,60
Co	mg/kg TS	0,28	0,2				
Cr	mg/kg TS	0,05	0,90	25	12	3,5	4,0
Cu	mg/kg TS	0,51	0,1	50	30	25	25
Fe	mg/kg TS	0,2	0,2				
Hg	mg/kg TS	0,00002	0,00042	0,50	0,50	0,50	0,050
Mn	mg/kg TS	83,4	0,05				
Mo	mg/kg TS	0,2	9,5	20	20	20	5,0
Ni	mg/kg TS	0,4	0,2	20	20	20	5,0
P	mg/kg TS	5	5				
Pb	mg/kg TS	312	0,5	25	25	25	5,0
S	mg/kg TS	4800	9360				
Sb	mg/kg TS	1	1	2,0	2,0	1,0	0,20
Se	mg/kg TS	1	1	4,0	4,0	4,000	0,30
Si	mg/kg TS	15	4				
Sr	mg/kg TS	25	13				
Ti	mg/kg TS	0,1	0,1				
V	mg/kg TS	0,1	0,1				
Zn	mg/kg TS	3640	0,2	90	90	90	25
DOC	mg/kg TS	2,3	2,6	480	480	480	380

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen

## RGRP fra anlæg med semitør eller tør APC: Faststofindhold

Analyser af faststofindhold i prøver af røggasrensningprodukter fra tørre og semitørre processer																			
Type af restprodukt:		STP+FLA	STP+FLA	STP+FLA	STP+FLA	TP+FLA	TP+FLA	TP+FLA	TP+FLA										
Type af APC-proces:		Semitør	Semitør	Semitør	Semitør	Tør	Tør	Tør	Tør										
Parameter	Enhed	STP-1	STP-2	STP-3	STP-4	TP-1	TP-2	TP-3	TP-4	Semitørt		Tørt		Semitørt+tørt restpr.					
										Middel	N	Middel	N	Middel	N				
CaO	%	17,1	28,2			39,7	29,1	21,6		23	2	30	3	27	5				
Tørstof	%	99,6	100			99,3	98	99,4	100	100	2	99	4	99	6				
TN	% TS	0,075	0,031	0,071	0,049	0,045	0,036	0,025	0,072	0,057	4	0,045	4	0,051	8				
Ag	mg/kg TS	17,3	15,2			33,6	22,3	22,1		16	2	26	3	22	5				
Al	mg/kg TS	11300	7030			5980	7630	4500		9165	2	6037	3	7288	5				
As	mg/kg TS	78,5	239	110	52	76,3	84,3	402	61	120	4	156	4	138	8				
Ba	mg/kg TS	1020	654	840	590	391	509	351	520	776	4	443	4	609	8				
Bi	mg/kg TS	51,3	34,1			51,8	35,2	60,1		43	2	49	3	47	5				
Br	mg/kg TS	2250	1250			1530	1960	2180		1750	2	1890	3	1834	5				
Ca	mg/kg TS	295000	312000			388000	316000	266000		303500	2	323333	3	315400	5				
Cd	mg/kg TS	63,4	77,3	96	83	49,6	73	85,9	92	80	4	75	4	78	8				
Ce	mg/kg TS	36,9	34,6			21,3	36,5	37,3		36	2	32	3	33	5				
Cl	mg/kg TS	159000	138000			153000	193000	246000		148500	2	197333	3	177800	5				
Co	mg/kg TS	40	40			40	40	40		40	2	40	3	40	5				
Cr	mg/kg TS	392	257	110	220	90,2	117	191	78	245	4	119	4	182	8				
Cr(VI)	mg/kg TS			1,5	24					13	2	0,50	1	8,7	3				
Cu	mg/kg TS	1000	615	670	440	426	1110	1010	620	681	4	792	4	736	8				
Fe	mg/kg TS	7960	6020			4660	7450	3800		6990	2	5303	3	5978	5				
Hg	mg/kg TS	5	5	3,3	6,0	5	5	5	2,8	4,8	4	4,5	4	4,6	8				
K	mg/kg TS	33500	31000			31200	40400	46200		32250	2	39267	3	36460	5				
La	mg/kg TS	33,7	26,1			20	28,1	29,5		30	2	26	3	27	5				
Mg	mg/kg TS	8710	5140			7730	3910	3560		6925	2	5067	3	5810	5				
Mn	mg/kg TS	572	502			390	413	300		537	2	368	3	435	5				
Mo	mg/kg TS	10,2	9,2	13	5,6	5	8,6	13,1	7,9	9,5	4	8,7	4	9,1	8				
Na	mg/kg TS	23000	10300			13500	38100	59900		16650	2	37167	3	28960	5				
Ni	mg/kg TS	54,5	41,6	50	25	25	37,9	18,9	32	43	4	28	4	36	8				
P	mg/kg TS	2500	1580			1230	1850	1850		2040	2	1643	3	1802	5				
Pb	mg/kg TS	2080	2290	1500	1700	2670	2740	2870	2300	1893	4	2645	4	2269	8				
Rb	mg/kg TS	60,6	66,5			62,9	69,8	98,1		64	2	77	3	72	5				
S	mg/kg TS	48500	42400			26900	43400	52600		45450	2	40967	3	42760	5				
Sb	mg/kg TS	627	492	750	380	570	616	544	450	562	4	545	4	554	8				
Se	mg/kg TS	2	2	2,4	3,6	2	2	2	3,7	2,5	4	2,4	4	2,5	8				
Si	mg/kg TS	27000	17700			17500	20400	14900		22350	2	17600	3	19500	5				
Sn	mg/kg TS	421	479			319	520	629		450	2	489	3	474	5				
Sr	mg/kg TS	401	542			325	330	256		472	2	304	3	371	5				
Ti	mg/kg TS	4890	2780			1670	2890	1690		3835	2	2083	3	2784	5				
Tl	mg/kg TS	10	10			10	10	10		10	2	10	3	10	5				
U	mg/kg TS	2,8	4,1			2	2	8,1		3,5	2	4,0	3	3,8	5				
V	mg/kg TS	52,6	37,2	49	28	39,1	40,4	29,9	25	41,7	4	34	4	38	8				
W	mg/kg TS	200	200			200	200	200		200	2	200	3	200	5				
Zn	mg/kg TS	12600	15400	16000	11000	8100	14000	27100	16000	13750	4	16300	4	15025	8				
TOC	% TS			1,5	1,6				1,6	1,6	2	1,6	1	1,6	3				
Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen																			
N = antal målinger																			

STP+FLA: Røggasrensningsprodukt fra semitør APC-proces udskilt sammen med flyveasken  
 TP+FLA: Røggasrensningsprodukt fra tør APC-proces udskilt sammen med flyveasken

## RGRP fra anlæg med semitør eller tør APC: Udvaskning ved L/S = 2 L/kg

Resultater af udvaskningstests ved L/S = 2 L/kg (EN 12457-1)								
Type af restprodukt:	RGRP inkl. FLA	RGRP inkl. FLA	RGRP inkl. FLA	Grænseværdier for modtagelse på deponeringsenheder for			Enhed for mineralisk	
Type af APC-proces:	Semitør APC	Semitør APC	Tør APC					
Parameter	Enhed	STP-5	STP-6	TP-5	FA1	FA2	FA3	MA1
pH	-	9,8	10,1	11,4				> 6
Ledn.evne	mS/m	11200	8240	11200				
Klorid	mg/kg TS	179200	163200	214000	17000	17000	17000	10000
Fluorid	mg/kg TS	20	20	20	200	200	200	60
Sulfat	mg/kg TS	1624	1552	1420	25000	25000	25000	10000
Ca	mg/kg TS	46800	50400	78400				
Mg	mg/kg TS	21	3,0	1,2				
Na	mg/kg TS	34800	27800	28600				
K	mg/kg TS	40000	24200	20000				
Al	mg/kg TS	1	1	1				
As	mg/kg TS	0,5	0,5	0,5	6,0	6,0	6,0	0,40
Ba	mg/kg TS	34	38	81	100	100	25	30
Cd	mg/kg TS	4,0	1,1	0,04	3,0	3,0	3,0	0,60
Co	mg/kg TS	0,2	0,2	0,2				
Cr	mg/kg TS	1,4	0,05	0,13	25	12	3,5	4,0
Cu	mg/kg TS	0,12	0,13	0,78	50	30	25	25
Fe	mg/kg TS	0,2	0,2	1,0				
Hg	mg/kg TS	0,000083	0,00002	0,00002	0,50	0,50	0,50	0,050
Mn	mg/kg TS	0,05	0,05	0,05				
Mo	mg/kg TS	1,3	1,1	0,50	20	20	20	5,0
Ni	mg/kg TS	0,2	0,2	0,308	20	20	20	5,0
P	mg/kg TS	5	5	5				
Pb	mg/kg TS	0,5	0,5	448	25	25	25	5,0
S	mg/kg TS	466	454	408				
Sb	mg/kg TS	1	1	1	2,0	2,0	1,0	0,20
Se	mg/kg TS	1	1	1	4,0	4,0	4,000	0,30
Si	mg/kg TS	7,2	1	1				
Sr	mg/kg TS	62	72	72				
Ti	mg/kg TS	0,1	0,1	0,1				
V	mg/kg TS	0,1	0,1	0,1				
Zn	mg/kg TS	0,2	2,2	56,2	90	90	90	25
DOC	mg/kg TS	69	2,7	7,1	480	480	480	380

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen

## RGRP fra anlæg med tør APC: Udvaskning ved L/S = 10 L/kg

Resultater af udvaskningstest ved L/S = 10 L/kg (EN 12457-2)						
Type af restprodukt:	RGRP inkl. FLA	Grænseværdier for modtagelse				Enhed for
Type af APC-proces:	Tør APC	på deponeringsenheder for				mineralsk
Parameter	Enhed	TP-4	FA1	FA2	FA3	MA1
pH	-	Mangler!				> 6
Ledningsevne	mS/m	Mangler!				
Klorid	mg/kg TS	160000	25000	25000	25000	15000
Fluorid	mg/kg TS	83	500	500	500	150
Sulfat	mg/kg TS	16000	50000	50000	50000	20000
Ca	mg/kg TS					
Mg	mg/kg TS					
Na	mg/kg TS					
K	mg/kg TS					
Al	mg/kg TS					
As	mg/kg TS	0,008	25	25	25	2
Ba	mg/kg TS	23	300	300	75	100
Cd	mg/kg TS	0,0053	5,0	5,0	5,0	1
Co	mg/kg TS					
Cr	mg/kg TS	2	70	35	10	10
Cu	mg/kg TS	0,63	100	70	55	50
Fe	mg/kg TS					
Hg	mg/kg TS	0,0005	2,0	2,0	2,0	0,2
Mn	mg/kg TS					
Mo	mg/kg TS	2,2	30	30	30	10
Ni	mg/kg TS	0,01	40	40	40	10
Pb	mg/kg TS	290	50	50	50	10
Sb	mg/kg TS	0,01	5,0	5,0	3,5	0,7
Se	mg/kg TS	0,073	7,0	7,0	7,0	0,5
Sn	mg/kg TS					
Tl	mg/kg TS					
U	mg/kg TS					
V	mg/kg TS	0,01				
Zn	mg/kg TS	34	200	200	200	50
DOC	mg/kg TS	55	1000	1000	1000	800

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen



## Filterkage fra anlæg med våd APC-proces: Faststofindhold

Analyser af faststofindhold i prøver af filterkage fra våd røggasrensning										
Type af restprodukt:		Filterkage	Filterkage	Filterkage	Filterkage	Filterkage	Filterkage	Filterkage		
Type af APC-proces:		Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Filterkage fra våd proces
Parameter	Enhed	FK-1	FK-2	FK-3	FK-4	FK-5	FK-6	FK-7	Middel	N
CaO	%			6					6	1
Tørstof	%	59,1	39,8	22,7	37,7	58			43	5
TN	% TS	0,07		0,27		0,1	0,09	0,052	0,12	5
Ag	mg/kg TS	4,8	4,7	8,5	8,8	4,7			6,3	5
Al	mg/kg TS	3340	28900	35150	10200	4409			16400	5
As	mg/kg TS	3	16,9	29,3	66,6	2,1	7,0	9,9	19	7
Ba	mg/kg TS	100	148	285	190	27,4	14	24	113	7
Bi	mg/kg TS	6	12,6	11,3	9,6	1,8			8,3	5
Br	mg/kg TS	64,6	204	357,7	533	243,3			281	5
Ca	mg/kg TS	277000	190000	56580	29300	260600			162696	5
Cd	mg/kg TS	6	8,5	258,7	543	5,1	13	5,3	120	7
Ce	mg/kg TS	18,5	32,8	8,6	19,3	30,2			22	5
Cl	mg/kg TS	6900	28400	41300	43400	21680			28336	5
Co	mg/kg TS	40	40	14	40	0,1			27	5
Cr	mg/kg TS	10	110	114	45,3	6,9	11	60	51	7
Cr(VI)	mg/kg TS						0,5	0,5	0,50	2
Cu	mg/kg TS	12,6	68	177,2	102	21,6	56	65	72	7
Fe	mg/kg TS	3800	43800	23690	12900	19430			20724	5
Hg	mg/kg TS	15,4	52,2	0,4	5	149	200	34	65	7
K	mg/kg TS	800	4610	2850	4120	376,3			2551	5
La	mg/kg TS	24,1	49,7	31,6	20	32,4			32	5
Mg	mg/kg TS	2450	21700	140300	107000	17440			57778	5
Mn	mg/kg TS	307	2180	5058	4310	1171			2605	5
Mo	mg/kg TS	3	4,5	4	14	0,7	2	6,3	4,9	7
Na	mg/kg TS	9120	1210	457	900	9705			4278	5
Ni	mg/kg TS	14,7	90,2	73,6	43,4	38,7	40	42	49	7
P	mg/kg TS	614	3620	904,2	305	980,2			1285	5
Pb	mg/kg TS	17,5	116	1030	1270	18,4	130	110	385	7
Rb	mg/kg TS	10	22,4	0,1	10	2,5			9,0	5
S	mg/kg TS	207000	79800	13900	4670	176700			96414	5
Sb	mg/kg TS	9,8	74,5	194,2	205	6,6	30	110	90	7
Se	mg/kg TS	4,1	2	0,1	2	22,2	11	2,9	6,3	7
Si	mg/kg TS	12300	138000	23820	12100	20660			41376	5
Sn	mg/kg TS	8	15	124,1	84,5	4,5			47	5
Sr	mg/kg TS	217	598	128,7	88,7	123,9			231	5
Ti	mg/kg TS	500	1740	1357	500	35			826	5
Tl	mg/kg TS	10	10	3,3	10	0,2			6,7	5
U	mg/kg TS	2	8,4	0,1	2	0,8			2,7	5
V	mg/kg TS	6	70,2	32,4	12,5	12,5	16	65	31	7
W	mg/kg TS	200	200	506	708	2,7			323	5
Zn	mg/kg TS	68,8	5080	157200	246000	171,8	890	790	58600	7
TOC	% TS	0,26	0,18	0,6	0,38		0,64	0,42	0,4	6
pH	-	7,6	10,2	9,7	9,0	9,0				

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen

N = antal målinger

## Filterkage fra anlæg med våd APC-proces: Udvaskning ved L/S = 2 L/kg

Resultater af udvaskningstests ved L/S = 2 L/kg (EN 12457-1)								
Type af restprodukt:	Filterkage	Filterkage	Filterkage	Grænseværdier for modtagelse			Enhed for	
Type af APC-proces:	Våd APC	Våd APC	Våd APC	på deponeringsenheder for			mineralsk	
Parameter	Enhed	FIK-8	FIK-9	FIK-10	FA1	FA2	FA3	MA1
pH	-	9,2	9,0	8,8				> 6
Ledn.evne	mS/m	2950	5220	13500				
Klorid	mg/kg TS	29200	77800	358000	17000	17000	17000	10000
Fluorid	mg/kg TS	19	37	40	200	200	200	60
Sulfat	mg/kg TS	1856	1986	916	25000	25000	25000	10000
Ca	mg/kg TS	10980	34600	80200				
Mg	mg/kg TS	168	204	14				
Na	mg/kg TS	3200	1818	63200				
K	mg/kg TS	128	20	73400				
Al	mg/kg TS	0,4	0,4	176				
As	mg/kg TS	0,2	0,2	1	6,0	6,0	6,0	0,40
Ba	mg/kg TS	0,38	0,60	103	100	100	25	30
Cd	mg/kg TS	0,016	0,016	0,42	3,0	3,0	3,0	0,60
Co	mg/kg TS	0,08	0,08	0,4				
Cr	mg/kg TS	0,044	0,045	1,1	25	12	3,5	4,0
Cu	mg/kg TS	0,04	0,068	0,64	50	30	25	25
Fe	mg/kg TS	0,08	0,08	2,0				
Hg	mg/kg TS	0,000026	0,00002	0,00084	0,50	0,50	0,50	0,050
Mn	mg/kg TS	0,02	0,048	0,37				
Mo	mg/kg TS	0,24	0,08	0,60	20	20	20	5,0
Ni	mg/kg TS	0,08	0,08	2,04	20	20	20	5,0
P	mg/kg TS	2	2	10				
Pb	mg/kg TS	0,2	0,2	1	25	25	25	5,0
S	mg/kg TS	486	516	220				
Sb	mg/kg TS	0,4	0,4	2	2,0	2,0	1,0	0,20
Se	mg/kg TS	0,4	0,4	2	4,0	4,0	4,000	0,30
Si	mg/kg TS	4,6	2,1	25				
Sr	mg/kg TS	10	50	88				
Ti	mg/kg TS	0,04	0,04	0,2				
V	mg/kg TS	0,04	0,04	0,2				
Zn	mg/kg TS	0,08	0,08	3,9	90	90	90	25
DOC	mg/kg TS	15	77	99	480	480	480	380

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen

## Filterkage fra anlæg med våd APC-proces: Udvaskning ved L/S = 10 L/kg

Resultater af udvaskningstest ved L/S = 10 L/kg (EN 12457-2)								
Type af restprodukt:		Filterkage	Filterkage	Filterkage	Grænseværdier for modtagelse			Enhed for
Type af APC-proces:		Våd APC	Våd APC	Våd APC	på deponeringsenheder for			mineralsk
Parameter	Enhed	FIK-3	FIK-4	FIK-5	FA1	FA2	FA3	MA1
pH	-	9,65	9,29	8,96				> 6
Ledningsevne	mS/m	1100	1428	538				
Klorid	mg/kg TS	36000	50000	28000	25000	25000	25000	15000
Fluorid	mg/kg TS	66	130	59	500	500	500	150
Sulfat	mg/kg TS	5800	2800	11000	50000	50000	50000	20000
Ca	mg/kg TS							
Mg	mg/kg TS							
Na	mg/kg TS							
K	mg/kg TS							
Al	mg/kg TS	0,492	0,2	0,2				
As	mg/kg TS	0,005	0,005	0,005	25	25	25	2
Ba	mg/kg TS	2,3	3,07	0,12	300	300	75	100
Cd	mg/kg TS	0,007	0,596	0,001	5,0	5,0	5,0	1
Co	mg/kg TS	0,002	0,002	0,002				
Cr	mg/kg TS	0,086	0,03	0,03	70	35	10	10
Cu	mg/kg TS	0,04	0,04	0,04	100	70	55	50
Fe	mg/kg TS	0,02	0,098	0,02				
Hg	mg/kg TS	0,00023	0,0001	0,0001	2,0	2,0	2,0	0,2
Mn	mg/kg TS	0,01	0,01	0,023				
Mo	mg/kg TS	0,165	0,075	0,077	30	30	30	10
Ni	mg/kg TS	0,02	0,02	0,02	40	40	40	10
Pb	mg/kg TS	0,015	0,086	0,011	50	50	50	10
Sb	mg/kg TS	1,7	0,567	0,016	5,0	5,0	3,5	0,7
Se	mg/kg TS	0,06	0,06	0,151	7,0	7,0	7,0	0,5
Sn	mg/kg TS	0,1	0,1	0,1				
Tl	mg/kg TS	0,028	0,028	0,001				
U	mg/kg TS	0,0004	0,002	0,0004				
V	mg/kg TS	0,05	0,05	0,05				
Zn	mg/kg TS	0,05	0,637	0,03	200	200	200	50
DOC	mg/kg TS	25	25	72,1	1000	1000	1000	800

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen

## Gips fra anlæg med våd APC-proces: Faststofindhold

Analyser af faststofindhold i prøver af gips fra affaldsforbrændingsanlæg med våd røggasrensning									
Type af restprodukt:		Gips	Gips	Gips	Gips	Gips	Gips		
Type af APC-proces:		Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Våd APC	Gips fra våd proces	
Parameter	Enhed	GIPS-1	GIPS-2	GIPS-3	GIPS-4	GIPS-8	GIPS-9	Middel	N
CaO	%						0,1	0,1	1
Tørstof	%	75	73	80		76	68	74	5
TN	% TS		0,062	0,044	0,036			0,047	3
Ag	mg/kg TS	5,1	4,9					5,0	2
Al	mg/kg TS	2207	2018					2113	2
As	mg/kg TS	0,6	1,3	0,71	0,39	1,8	1,4	1,0	6
Ba	mg/kg TS	25,9	23,2	2,6	2,0		10	13	5
Bi	mg/kg TS	0,1	0,1					0,1	2
Br	mg/kg TS	5,9	9					7,5	2
Ca	mg/kg TS	295900	285100					290500	2
Cd	mg/kg TS	0,9	0,5	0,49	0,13	0,16	0,4	0,43	6
Ce	mg/kg TS	28,5	15,5					22	2
Cl	mg/kg TS	348,9	930			3800		1693	3
Co	mg/kg TS	3	0,1				1	1,4	3
Cr	mg/kg TS	0,1	0,1	0,95	2,6	6,8	1	1,9	6
Cr(VI)	mg/kg TS			0,5	0,5			0,5	2
Cu	mg/kg TS	4,2	8,4	5,2	2,2	14	7,5	6,9	6
Fe	mg/kg TS	380,1	325					353	2
Hg	mg/kg TS	0,6	10,2	6,0	0,61	0,3	5	3,8	6
K	mg/kg TS	0,1	83,8					42	2
La	mg/kg TS	23,6	19,3					21	2
Mg	mg/kg TS	1445	1411					1428	2
Mn	mg/kg TS	109,9	0,1				6,1	39	3
Mo	mg/kg TS	0,1	0,1	0,2	0,39		0,2	0,20	5
Na	mg/kg TS	7203	7505					7354	2
Ni	mg/kg TS	0,1	5,5	2,0	0,69	11	1,5	3,5	6
P	mg/kg TS	297,2	271					284	2
Pb	mg/kg TS	2,2	11,4	16	4,9	6,5	13	9,0	6
Rb	mg/kg TS	0,5	0,5					0,5	2
S	mg/kg TS	223300	215800					219550	2
Sb	mg/kg TS	3,7	4,4	1,5	2,4		2	3	5
Se	mg/kg TS	0,1	1,5	0,5	0,5		1,2	0,8	5
Si	mg/kg TS	3738	2984					3361	2
Sn	mg/kg TS	1,8	3,7				6,2	3,9	3
Sr	mg/kg TS	294,1	181					238	2
Ti	mg/kg TS	0,1	0,1					0,1	2
Tl	mg/kg TS	0,2	0,2				0,5	0,3	3
U	mg/kg TS	0,1	0,1					0,1	2
V	mg/kg TS	0,1	0,1	0,96	2,1		1	0,9	5
W	mg/kg TS	2,2	2,3					2,3	2
Zn	mg/kg TS	11,6	52,1	160	25	41	78	61	6
TOC	mg/kg TS			1900	670			1285	2
pH	-	6,56	8,16				8,8		

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen  
 N = antal målinger

## Gips fra anlæg med våd APC-proces: Udvaskning ved L/S = 2 L/kg

Resultater af udvaskningstests ved L/S = 2 L/kg (EN 12457-1)								
Type af restprodukt:		Gips	Gips	Gips	Grænseværdier for modtagelse			Enhed for
Type af APC-proces:		Våd APC	Våd APC	Våd APC	på deponeringsenheder for			mineralsk
Parameter	Enhed	GIPS-5	GIPS-6	GIPS-7	FA1	FA2	FA3	MA1
pH	-	7,9	7,6	8,0				> 6
Ledn.evne	mS/m	296	368	254				
Klorid	mg/kg TS	624	1136	101	17000	17000	17000	10000
Fluorid	mg/kg TS	12	6,7	5,9	200	200	200	60
Sulfat	mg/kg TS	2920	2360	2960	25000	25000	25000	10000
Ca	mg/kg TS	1112	1320	968				
Mg	mg/kg TS	6,5	44	25				
Na	mg/kg TS	100	59	128				
K	mg/kg TS	24	5,6	5,1				
Al	mg/kg TS	0,24	0,024	0,03				
As	mg/kg TS	0,01	0,01	0,01	6,0	6,0	6,0	0,40
Ba	mg/kg TS	0,14	0,19	0,15	100	100	25	30
Cd	mg/kg TS	0,0008	0,00086	0,0025	3,0	3,0	3,0	0,60
Co	mg/kg TS	0,028	0,0058	0,004				
Cr	mg/kg TS	0,001	0,001	0,001	25	12	3,5	4,0
Cu	mg/kg TS	0,0032	0,0038	0,0042	50	30	25	25
Fe	mg/kg TS	0,004	0,004	0,004				
Hg	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00020	0,50	0,50	0,50	0,050
Mn	mg/kg TS	0,059	2,4	0,47				
Mo	mg/kg TS	0,019	0,0068	0,0044	20	20	20	5,0
Ni	mg/kg TS	0,0112	0,02	0,0138	20	20	20	5,0
P	mg/kg TS	0,1	0,1	0,1				
Pb	mg/kg TS	0,01	0,01	0,01	25	25	25	5,0
S	mg/kg TS	728	676	826				
Sb	mg/kg TS	0,144	0,02	0,026	2,0	2,0	1,0	0,20
Se	mg/kg TS	0,02	0,02	0,02	4,0	4,0	4,000	0,30
Si	mg/kg TS	6,0	2,8	2,2				
Sr	mg/kg TS	0,96	3,5	2,7				
Ti	mg/kg TS	0,002	0,002	0,002				
V	mg/kg TS	0,0044	0,002	0,002				
Zn	mg/kg TS	0,1526	0,202	0,362	90	90	90	25
DOC	mg/kg TS	7,7	5,3	2,1	480	480	480	380

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen

## Gips fra anlæg med våd APC-proces: Udvaskning ved L/S = 10 L/kg

Resultater af udvaskningstest ved L/S = 10 L/kg (EN 12457-2)								
Type af restprodukt:		Gips	Gips	Gips	Grænseværdier for modtagelse på deponeringsenheder for			Enhed for mineralisk
Type af APC-proces:		Våd APC	Våd APC	Våd APC				
Parameter	Enhed	GIPS-1	GIPS-2	GIPS-3	FA1	FA2	FA3	MA1
pH	-	7,58	7,41	Mangler!				> 6
Ledningsevne	mS/m	244	262	Mangler!				
Klorid	mg/kg TS	450	1100	72	25000	25000	25000	15000
Fluorid	mg/kg TS	39	46	41	500	500	500	150
Sulfat	mg/kg TS	15000	15000	15000	50000	50000	50000	20000
Ca	mg/kg TS							
Mg	mg/kg TS							
Na	mg/kg TS							
K	mg/kg TS							
Al	mg/kg TS	0,2	0,2					
As	mg/kg TS	0,2	0,2	0,008	25	25	25	2
Ba	mg/kg TS	0,005	0,005	0,31	300	300	75	100
Cd	mg/kg TS	0,056	0,105	0,0041	5,0	5,0	5,0	1
Co	mg/kg TS	0,021	0,073					
Cr	mg/kg TS	0,002	0,015	0,007	70	35	10	10
Cu	mg/kg TS	0,03	0,03	0,01	100	70	55	50
Fe	mg/kg TS	0,123	0,109					
Hg	mg/kg TS	0,00302	0,00313	0,033	2,0	2,0	2,0	0,2
Mn	mg/kg TS	0,43	1,06					
Mo	mg/kg TS	0,43	1,06	0,01	30	30	30	10
Ni	mg/kg TS	0,011	0,015	0,01	40	40	40	10
Pb	mg/kg TS	0,024	0,052	0,005	50	50	50	10
Sb	mg/kg TS	0,011	0,038	0,028	5,0	5,0	3,5	0,7
Se	mg/kg TS	0,021	0,059	0,01	7,0	7,0	7,0	0,5
Sn	mg/kg TS	0,06	0,06					
Tl	mg/kg TS	0,001	0,001					
U	mg/kg TS	0,01	0,003					
V	mg/kg TS	0,05	0,05	0,01				
Zn	mg/kg TS	0,987	5,65	0,82	200	200	200	50
DOC	mg/kg TS	11,1	12	10	1000	1000	1000	800

Resultater under kvantificeringsgrænsen for den anvendte analysemetode er angivet med rødt som kvantificeringsgrænsen

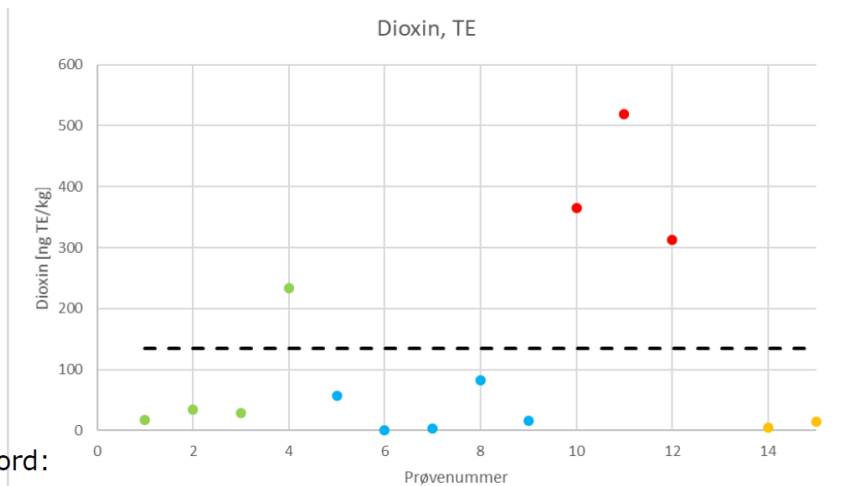
## Gips fra anlæg med våd APC-proces: Faststofindhold af dioxin

Grænseværdien for indhold af PCDD/F i Bilag IV til POP-forordningen er 5 µg/kg (TEF) – det overvejes at revidere denne efter 2027.

Nedenstående figur stammer fra et indlæg med titlen "Kvaliteten af gips fra affaldsforbrænding – Hvad ved vi?" afholdt af Kim Brinck på et webinar om genanvendelse af restprodukter afholdt af Branchesamarbejdet om genanvendelse af restprodukter, den 30. november 2020.

### EKSISTERENDE GIPSANALYSER, RESULTATER

- Kun dioxinanalyser fra fire anlæg
- Store variationer mellem anlæggene
- Tilsyneladende ikke ligegyldigt, hvor i røggasrensingsprocessen man fjerner dioxin
- Ingen danske grænser



- Grænser i andre lande for jord:
  - D: 100 – 1000 ng/kg (legeplads – bolig)
  - SE: 10-250 ng/kg (følsom - mindre følsom anvendelse)
  - NL: 1000 ng/kg (industri, forureningsindikator)

**RAMBOLL**

## Indhold af PFAS i restprodukterne

Kilde: Miljøstyrelsen (2024): Screening af restprodukter for indhold og udvaskning af PFAS, Miljøprojekt nr. xxxx, 2024, Miljøministeriet.

Parameter	LOQ	Enhed	FA1	FA2	RGRP1	RGRP2	RGRP3	FK1	FK2	FK3	Gips1	Gips2	Gips3
Restprodukt			Flyveaske		Røggasrensningsprodukt			Filterkage			Gips		
RGR-proces			Våd	Våd	T	ST	ST	Våd	Våd	Våd	Våd	Våd	Våd
TS	0,1	%	99,8	99,4	99,6	99,8	99,8	52,4	42,3	67,9	73,6	75,4	74,2
TOC	0,1	% TS	6,89	0,1	1,1	0,14	0,89	0,31	3,21	0,94	0,1	0,16	0,14
PFBA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFPeA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFHxA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFHpA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFOA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFNA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFDA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFUnDA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFDoDA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFTTrDA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFBS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFPeS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFHxS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFHpS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFOS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFNS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFDS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFUnDS	2,5	µg/kg TS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
PFDoDS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PFTTrDS	2,5	µg/kg TS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
6:2 FTS	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
FOSA	0,5	µg/kg TS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Σ 4 PFAS*	1	µg/kg TS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Σ 22 PFAS*	7,5	µg/kg TS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

\*: Værdierne for summen af 4 PFAS og 22 PFAS er beregnet i overensstemmelse med følgende princip: "Værdien af LOQ for summen af parametre er lig med 50 % af summen af de enkelte LOQ'er. Hvis nogen af parametrene inkluderet i summen er større end dens LOQ, er den rapporterede sum af parametre baseret på en summering af alle parametre over LOQ, selvom dette resultat ville være mindre end 50 % af summen af de individuelle LOQ'er."

Resultater angivet med rødt er mindre end LOQ, og er angivet som LOQ.

For data for udvaskning af PFAS fra restprodukterne i ovenstående tabel henvises til Miljøprojekt nr. xxxx/2024.



## Bilag 2: Potentielle metoder til behandling af flyveaske og røg-gasrensningsprodukter fra affaldsforbrænding

Oversigt over nogle potentielle teknologier (og kombinationer af teknologier) til behandling af FLA og RGRP med henblik på at bidrage til Cirkulær Økonomi. Fra: *Hjelmar, O., Hyks, J., Korpijärvi, K., Wahlström, M., Grönholm, R. (2022): BAT (Best Available Techniques) for combustion and incineration residues in a Circular Economy. Tema Nord 2022:542, Nordic Council of Ministers. <https://pub.norden.org/temanord2022-542/#>.*

Residues	Technology	Principle(s)	Provider	Maturity	Material for CE	Management of residual not for CE
FLA	FLUWA <sup>a</sup>	Acid extraction, neutralisation, stabilisation	von Roll (Switzer-land)	Commercially available	Zn-filter cake	Landfill
FLA	FLUREC <sup>a</sup>	Washing, separation, Zn-electro-winning	ZAR (Switzer-land)	Commercially available	Cu/Cd/Pb-filter cake; metallic Zn	Recirculation into the incinerator
FLA (RGRP also tested)	HaloSep <sup>b</sup>	Acid extraction, neutralisation, stabilisation	Stena Recycling A/S (Sweden)	Full-scale demonstration plant	salt brine; Zn-filter cake	Landfill
FLA	RENOVA <sup>c</sup>	Acid extraction, neutralisation, stabilisation	Renova (Sweden)	Full-scale under construction	Zn-filter cake	Recirculation into the incinerator
FLA	Ash2Salt <sup>d</sup>	Acid extraction, neutralisation, stabilisation	Ragn-Sells (Sweden)	Full-scale under construction	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> CaCl <sub>2</sub> NaCl KCl	Landfill
FLA/RGRP	NOAH – Langøya <sup>e</sup>	Acid washing, neutralisation, stabilisation	NOAH (Norway)	Commercially available	Neutralisation is the CE contribution	Landfill
FLA/RGRP	Utilisation as raw material in cement production <sup>f</sup>	Washing	Tayheiyo Cement Corporation (Japan)	Commercially available	Raw materials substitution	Cement manufacturing
FLA/RGRP	O.C.O (formerly known as Carbon8) <sup>g</sup>	Solidification, stabilisation	O.C.O Technology Ltd (UK)	Commercially available	Aggregates	Concrete products

a: Bühler, A., Schlumberger, S. (2010). Schwermetalle aus der Flugasche zurückgewinnen «Saure Flugaschewäsche – FLUWA-Verfahren» ein zukunftsweisendes Verfahren in der Abfallverbrennung. KVA-Rückstände in der Schweiz - Der Rohstoff mit Mehrwert. Federal Office for the Environment (FOEN). pp. 185–192.

b: <https://www.stenametal.com/research-and-development/research-collaborations/life-halosep-process/>

c: Fedje, K.K., Andersson, S. (2020). Zinc recovery from Waste-to-Energy fly ash - A pilot test study. *Waste Management* 118, 90-98

d: <https://www.easymining.se/technologies/ash2salt/>

e: <https://www.noah.no/langoya/>

f: <https://www.taiheiyo-cement.co.jp/english/rd/incineration/upgrading/index.html>

g: <https://oco.co.uk/technology/>

Det kan nævnes, at FLUREC kun anvendes i Schweiz, hvor det er et lovkrav.

Om O.C.O.-processen (tidligere Carbon8) kan det nævnes, at de farlige stoffer ikke fjernes, men indbygges i produkterne (granulater, fliser o.lign.). Der er i realiteten tale om en fortynding af koncentrationen af farlige stoffer, som umiddelbart er i modstrid med miljøstrategien i Danmark (og i en del andre lande uden for UK).

Til ovenstående kan tilføjes, at man i forbindelse med opfyldning af gamle saltminer i Tyskland anvender FLA og RGRP, som typisk opslæmmed i en koncentreret saltopløsning pumpes ned i minegange og -skakter, hvor det opfylder disse og efter afdræning beskytter mod sammenstyrning.