

Semi-tørt restprodukt

Muligheder

Workshop for restproduktgenanvendelse, Dansk restprodukt håndtering

2021-12-15

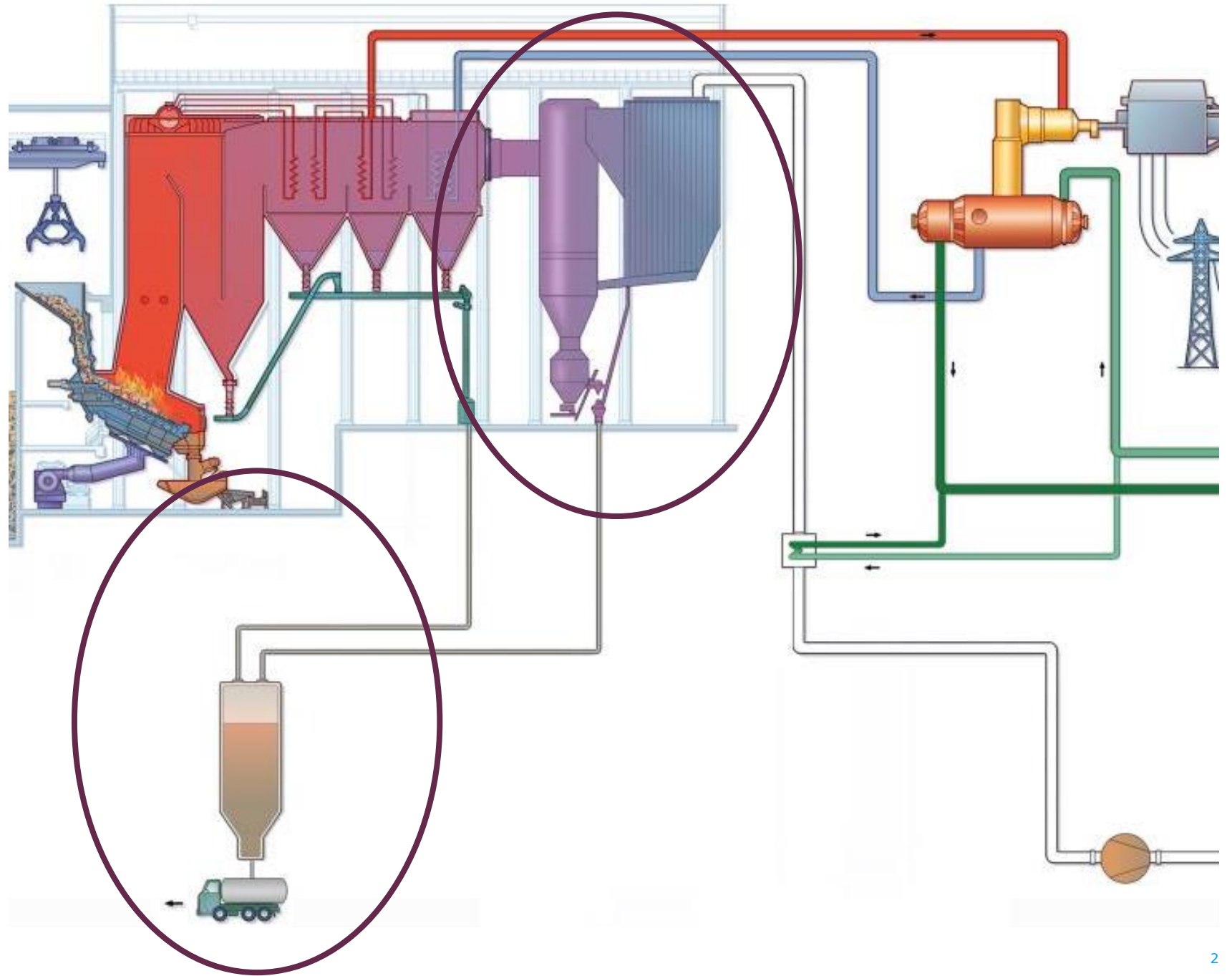
Tore Hulgaard, Rambøll

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

Semi-tør røggasrensning

- Restprodukt
- Kedelaske
- Tilførsel af hydratkalk og aktivt kul/HOK
- Restproduktmængde:
ca 40 kg/ton affald



Tørt røggasrensingsrestprodukt (RGP)

- Farligt affald
- Alt eksporteres (til nyttiggørelse)
- Ingen disponeringsmuligheder i Danmark pt

Etablering af behandlingsmuligheder i Danmark?

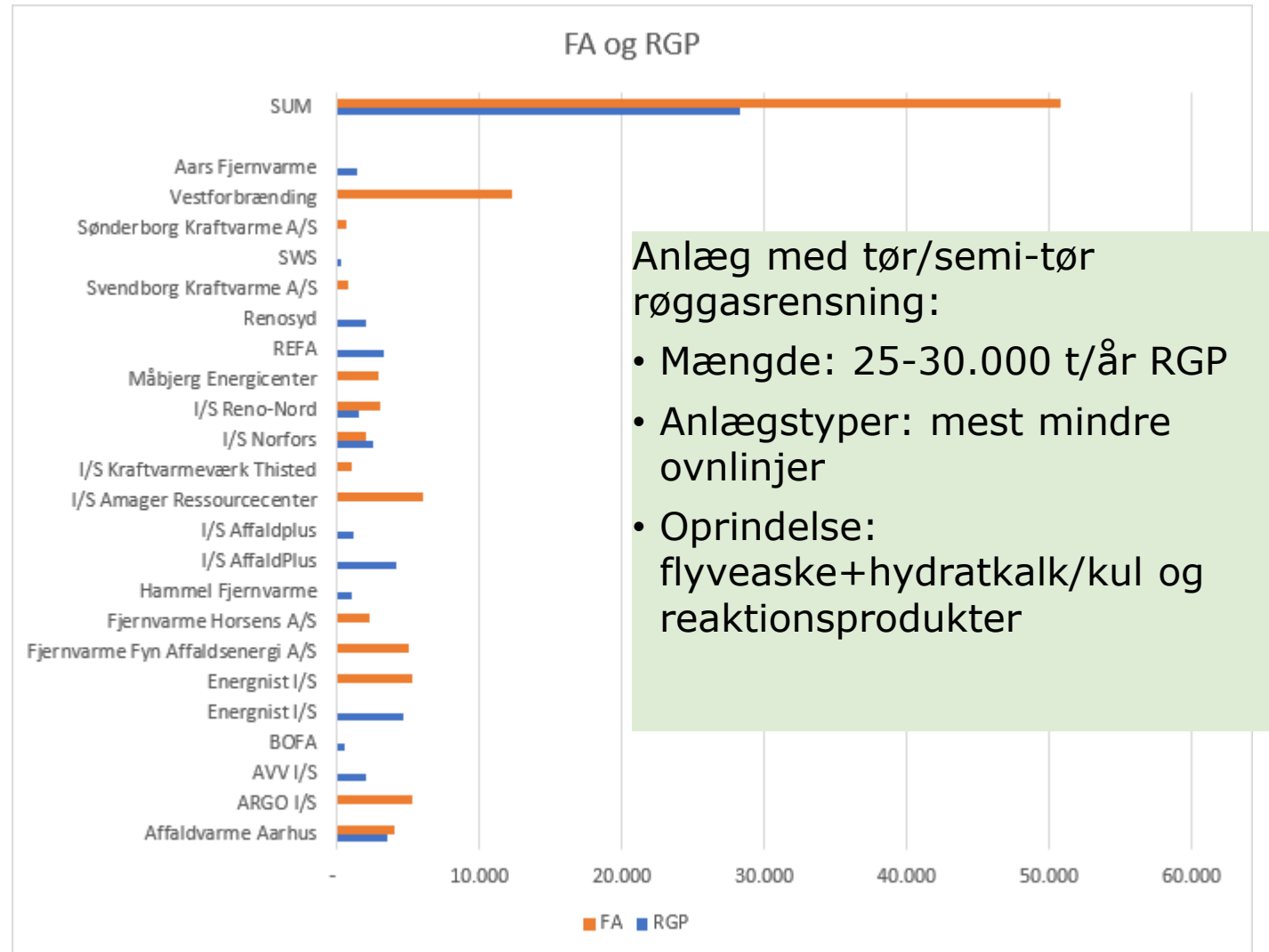
Muligheder for udvinding af salte/Zn/andet?

Reduktion af mængde?



Tørt røggasrensingsrestprodukt (RGP)

- Sammensætning
- Udfordringer ved afhentning/håndtering
- Optimering af RGP-dannelse
- Besparelser på
 - Miljø
 - Indkøb
 - Transport



RGP, afhentning og transport

Transport

- Høj vægtfylde typisk 25 t/læs til Tyskland og 30 t/læs til DK (for udskibning til NOAH, Langøya)
- Værksforskelle (nogle med lav vægtfylde)
- Biler kører delvist fyldt
- Ventetid koster

Optimering

- Ventetid (600 kr/h):
 - Dagen før: Sikre at silo er tilgængelig og tilstrækkeligt fyldt.
 - Opgave prioriteres: Operatør skal modtage bil og frigive til silo(er) til udmadning

Optimering

- Fyldningsgrad:
 - Pålidelig niveau-måling:
 - vejeceller (masse)
 - radar (fyldningsgrad)
- Udmadningsudstyr:
 - Pålidelighed/opblokkninger
 - Tilgang til og montering af bælg
 - Udmadningshastighed
 - Kontrolpanel/overvågning
 - Flytning af bil for skift af kammer
- Sikkerhed
 - RGP farligt affald
 - Adgang til og manøvrering af bælg

RGP, sammensætning

- Typisk eksempel og range (litteraturdata)

Main constituents	Unit	Chosen typical	Range, min	Range, max
Reference		rounded	rounded	rounded
Case				
<i>Sum main constituents</i>	mg/kg	544 110		
S	mg/kg	4 500	3 300	8 000
F	mg/kg	190	160	220
Cl	mg/kg	170 000	70 000	220 000
Si	mg/kg	5 700	400	9 900
Al	mg/kg	16 000	9 000	29 000
Ca	mg/kg	270 000	220 000	320 000
Fe	mg/kg	6 900	6 000	21 000
K	mg/kg	28 000	9 000	35 000
Mg	mg/kg	5 700	300	8 400
Mn	mg/kg	520	270	760
Na	mg/kg	27 000	12 000	35 000
P	mg/kg	4 500	2 000	6 400
Ti	mg/kg	1 400	1 100	2 200
TOC	mg/kg	3 700	3 300	4 000

	Unit	Chosen typical	Range, min	Range, max
<i>Trace constituents</i>				
Ag	mg/kg	10	6	15
As	mg/kg	27	12	180
Au	mg/kg	0.6	0.6	0.6
Ba	mg/kg	360	260	650
Be	mg/kg	0.3	0.3	0.4
Bi	mg/kg	14	9	110
Cd	mg/kg	130	30	190
Co	mg/kg	16	9	26
Cr	mg/kg	84	58	150
Cr(VI)	mg/kg	0.3	0.2	0.5
Cs	mg/kg	3	1	4
Cu	mg/kg	450	310	580
Ga	mg/kg	5	4	6
Hg	mg/kg	8.0	7.00	8
Mo	mg/kg	8	5	15
Nb	mg/kg	0.4	0.4	0.4
Nd	mg/kg	4	4	7
Ni	mg/kg	34	20	59
Pb	mg/kg	1 800	500	2 400
Rb	mg/kg	44	15	60
Sb	mg/kg	420	170	510
Sc	mg/kg	2	2	3
Se	mg/kg	1.0	0.0	10
Sn	mg/kg	420	150	570
Sr	mg/kg	330	300	450
Tl	mg/kg	0.2	0.1	1
V	mg/kg	16	12	36
W	mg/kg	3	3	17
Y	mg/kg	6	5	7
Zn	mg/kg	7 100	2 600	12 000
Zr	mg/kg	33	10	37
Dioxin (I-TEQ)	ng/kg	140	140	150
Sb+As+Pb+Co+Cr+Cu+Mn+V+Ni	mg/kg	3 367	1 400	4 700
Sum elements	mg/kg	555 440	350 000	720 000
Alkalinity	mmol/kg	12 000	11 000	12 000

RGP, sammensætning sammenligning med flyveaske

- Typiske eksempler og estimater

Hovedkomponent	Unit	Flyveaske (inkl. kedelaske) Typiske værdier	FGT restprodukt (excl aske) SR=2 Estimat	Mix aske og restprodukt (APCr) Estimat	Eksempel internatio- nalt	Eksempel DK Middel for et anlæg
Reference			Estimat	Estimat		
Massestrøm	kg/ton	22	18	40		
%		55	45	100		
Sum hovedkomponenter	mg/kg	516 700	591 553	550 400	544 110	651 742
S	mg/kg	47 000	35 548	41 800	4 500	46 300
F	mg/kg	1 100	5 640	3 100	100	1 705
Cl	mg/kg	71 000	199 567	128 900	170 000	160 500
Si	mg/kg	59 000	3 695	34 100	5 700	26 900
Al	mg/kg	27 000	872	15 200	16 000	11 200
Ca	mg/kg	164 000	324 270	236 100	270 000	281 000
Fe	mg/kg	11 000	922	6 500	6 900	7 325
K	mg/kg	51 000	0	28 100	28 000	34 100
Mg	mg/kg	12 000	2 781	7 900	5 700	8 890
Mn	mg/kg	600	0	300	520	427
Na	mg/kg	52 000	0	28 600	27 000	52 300
P	mg/kg	6 000	144	3 400	4 500	2 780
Ti	mg/kg	8 000	0	4 400	1 400	3 965
TOC	mg/kg	7 000	18 115	12 000	3 700	14 350

Hvad er relevant for optimering

Parameter	Typisk niveau	Mål (foreløbig)
Alkalinitet, CaO frit CaO, CaCO ₃	15-25%	Lavt, 10%
Ca	15-30 %	Lavt, følges
Cl	10-20 %	Højt, dog max. 20%
S	3-5%	Højt, følges
pH	9-12	< 12, følges
Aske-parameter (Si, Al, Fe mm.)		Følges aht. Aske%

RGP, nyttiggørelse

NOAH, Langøya

- Skibstransport fra Horsens –eller lastbil direkte
- Bureaukrati i forbindelse med eksport (notifikation mv)
- RGP neutraliseres med surt restprodukt
- RGP farligt affald uden disponeringsmuligheder i Danmark
- RGP sparer kalk til neutralisering, derfor nyttiggørelse (i henhold til Miljøstyrelsen, DK)
- Neutraliseret RGP anvendes til opfyld på Langøya
- Restkalk ikke nødvendig, men nyttig

Tyskland, saltminer (fx K-UTEK)

- Lastbil direkte
- RGP opslemmes og pumpes til minegange
- Opfyld af minegange erstatter andet materiale til opfyld for at forhindre sammenstyrtning. Derfor nyttiggørelse.
- Stabil og let-håndterlig til mineopfyldning
- Restkalk ikke nødvendig eller nyttig
- Rapporter om håndteringsproblemer og returnering af enkelte læs
 - årsag formentlig højt indhold af restkalk

RGP optimering af mængde og egenskaber

Mængde, betinges af

- Flyveaske indhold (affald og anlægsdesign)
- Dosering af Hydratkalk
- Dosering af aktivt kul/HOK
- Hver ton hydratkalk overstøkiometrisk koster
Forbrug: hydratkalk (ca 1500 kr/ton)
Farligt affald: RGP (ca 1000 kr/ton)

Flyveaske, muligheder:

- Adskille kedelaske fra RGP
- aske fra 2/3 træk i slagge?

- Optimering af flyveaskemængde
affaldssammensætning
ovndesign og drift (gashastigheder på rist, 1. træk)

Kalkdosering og optimering

Forbrug betinges af:

- HCl og SO₂ efter semi-tørt trin
- HCl, SO₂ (og HF) i rågassen
- Støkiometrisk forhold
Stor spredning mellem anlæg: SR fra 1,5 til 3
(SR=1 er teoretisk maksimum. SR > 1: basis for optimering.)
- Kvalitet af hydratkalk (aktivt stof Ca(OH)₂)
- Recirkulering af RGP
- Befugtning af kalk/recirkuleret RGP
- Temperatur i reaktor/posefilter
- Røggassens indhold af vanddamp
- Styringsprincip af kalkdosering og befugtning

KPIs

- Kalkforbrug (kg/h eller kg/ton affald)
- Løbende opgørelse af aktuelt kalkforbrug i forhold til støkiometrisk forbrug:
 - målt HCl/SO₂ i rågas og rengas
 - røggasmængde (måling eller røggasmetode)
 - målt forbrug af hydratkalk
 - Støkiometrisk forbrug typisk 7 kg/ton affald
- Regelmæssig måling af restkalk i restprodukt
 - Titrering (alkalinitet, meq/kg eller CaO-ækv/kg)
 - Cl-indhold (%)
 - SO₃/SO₄-indhold (%)

Støjkilder:

flyveaske giver (normalt) noget alkalinitet, Cl og SO₃/SO₄

Kalkforbrug

- $Kalkforbrug \left[\frac{kg}{h} \right] = F_{Ref} \left[\frac{Nm^3}{h} \right] * \left(HCl_{Ref} \left[\frac{mg}{Nm^3} \right] * SR_{HCl} * 1,12 + SO2_{Ref} \left[\frac{mg}{Nm^3} \right] * SR_{SO2} * 1,27 \right) * 0,000\ 001 \left[\frac{kg}{mg} \right]$

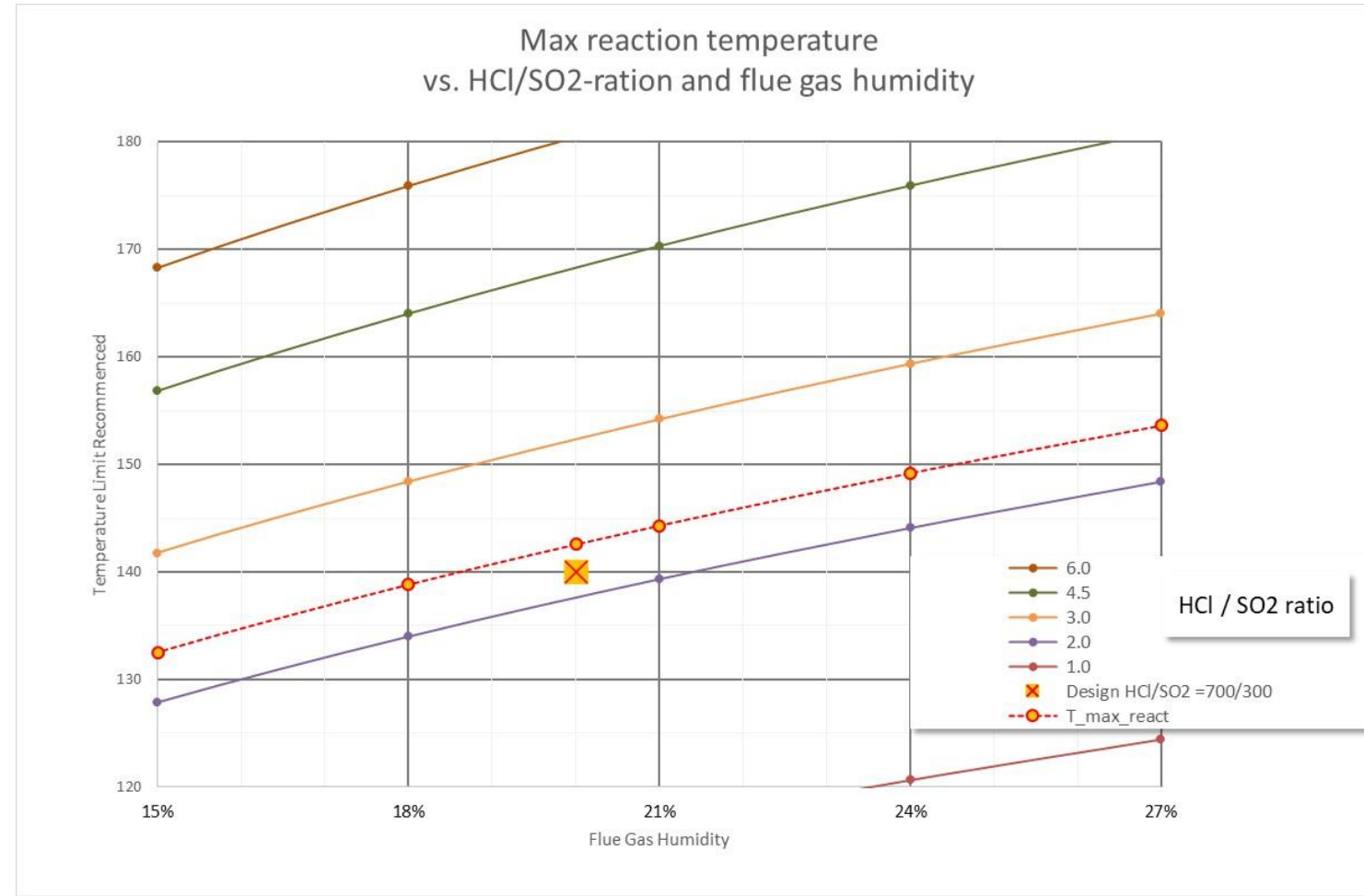
- F_{Ref} er røggasmængde (tør røggas ved 11% O₂)
- HCl_{ref} er rågas-koncentration af HCl (tør røggas ved 11% O₂)
- SR_{HCl} er støkiometrisk forhold for HCl
- $SO2_{ref}$ er rågas-koncentration af SO₂ (tør røggas ved 11% O₂)
- SR_{SO2} er støkiometrisk forhold for SO₂

1,12 kg per kg HCl
1,27 kg per kg SO₂

Optimal reaktionstemperatur/fugtindhold

Rudi Karpf kurve

- Reaktionstemperatur ca. 140 °C
- HCl hjælper SO₂-optag
- Højere temperatur mulig ved højt HCl/SO₂



Forbrug af aktivt kul/HOK og optimering

Dosering betinges af:

- Forventet indhold af Hg og dioxin i rågassen
- Fast dosering
(per time eller per m³ røggas/indfyret effekt)
- Typisk forbrug: 0,4 kg/ton affald
- Ingen regulering efter on-line målinger

KPIs

- Løbende opgørelse af forbrug
kg/time eller kg/ton affald

Optimering:

- Fordeling i røggasstrøm
- Recirkulering af restprodukt
- Dosering efter kontinuerlig måling af Hg

Behandlingsmuligheder RGP

- **Syrevask (fx Fluwa, Halosep):**

Forskelligt fra flyveaske fra el-filter/kedelaske
Restkalk skal neutraliseres (**stort syrebehov**)
Højt indhold af salte (CaCl_2 , NaCl , KCl)
Højt indhold af gips (calciumsulfat) og
calciumsulfid
Zn mm. er fortyndet af kalk/gips mv.

- **OCO (Carbon8)**

Omdanner restkalk til kalksten (CaCO_3) ved
optag af CO_2 (restkalk en fordel)
Intet fjernes, Cl udvaskelig

- **Cementstabilisering**

stort forbrug af cement (og evt. fosforsyre)
stor forøgelse af mængde til disponering

- **NOAH/Langøya**

Neutralisering af surt restprodukt

- **Tyske saltminer**

Opfyld for at begrænse sammenstyrtning

Potentialer, tørt restprodukt

Optimering af afhentning:

- Individuelt per anlæg

Restkalkreduktion:

- 10% reduktion af restproduktmængde
- 2500 ton/år hydratkalk og dermed restprodukt
- Værdi 6 mio. kr/år

Tak for at I lyttede

Tore Hulgaard
toh@ramboll.com

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.