

ROOKGASREINIGING EPT:
NLQF/EQF niveau 5
(nr. 182)

Datum	:	
Tijdsduur	:	2 uur
Tijd	:	13.00-15.00 uur
Aantal vragen	:	20
Te behalen punten	:	420
Toegestane hulpmiddelen	:	Formuleblad zuren en basen, periodiek systeem, tabellenboek Vapro, stoomtabel.

Vraag 1:

- (10) Het periodiek systeem is onderverdeeld in groepen en perioden
 Hoe wordt groep VIIa (7a) genoemd?

Vraag 2:

Het gas propaan wordt verbrand volgens onderstaande, nog niet kloppend gemaakte, reactievergelijking:



Er is voor de reactie 78,4 Nm³ C₃H₈ en voldoende zuurstof aanwezig.

Gevraagd:

- (10) a) Maak de reactievergelijking kloppend.
 (10) b) Bereken hoeveel normaal kubieke meter CO₂ er wordt gevormd.
 (10) c) Bereken hoeveel kilogram water er wordt gevormd?

Vraag 3:

- (10) Bereken de massa van 5 liter Chloorgas. Het volume chloorgas is opgegeven bij Normaalconditie. Neem voor de Molmassa van Cl = 35 gr/mol

Vraag 4:

- (10) Wat wordt verstaan onder *indifferente* oxiden?

Vraag 5:

- (10) Geef de juiste vergelijking wanneer in het droge rookgassysteem met behulp van natriumbicarbonaat HCl wordt afgevangen.
 Gegeven is verder dat het NaHCO₃ zich splitst volgens :
 $2\text{NaHCO}_3 + \text{Warmte} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Vraag 6:

Gegeven is dat de rookgasdruk ter plaatse van de quench 980 millibar bedraagt. Verder is gegeven dat de maximale rookgas temperatuur ter plaatse van de quench 65 °C mag bedragen.

Gevraagd:

- (10) Bereken theoretisch het maximaal volumepercentage waterdamp dat er vlak na de quench in het rookgas aanwezig kan zijn.

Vraag 7:

Bij een Selectief Katalytische Reductie wordt een katalysator gebruikt waarin onder andere Wolframoxide is verwerkt.

Gevraagd:

- (10) Om welke reden is er in een katalytische reductie *altijd* Wolframoxide in de katalyst verwerkt?

Vraag 8:

- (10) Bij grote industriële installaties worden zowel High Ratio als Low Ratio doekenfilters toegepast.

Gevraagd:

Wat is de doekbelasting bij een Low Ratio Filter?

Vraag 9:

Natte wastrappen bij een afvalgestookte installatie dienen ervoor om onder andere zwaveloxiden te verwijderen, dit geschiedt in de basische wastrap, ook wel neutrale wastrap of SO₂ wasser genoemd.

Om de SO_x onder alle omstandigheden, in de SO₂ wasser, goed af te kunnen vangen moet aan vier voorwaarden worden voldaan.

Gevraagd:

- (20) Noem de vier voorwaarden waaraan moet worden voldaan om een SO_x wasser optimaal te laten functioneren.

Vraag 10:

Kwik gaat vanuit de oven grotendeels met het ruwe rookgas mee de rookgasreiniging in en wordt, bij een natte rookgasreiniging, in de zure wastrap afgevangen. De temperatuur en de pH hebben invloed op het afvangstrendement van kwik.

Gevraagd:

- (10) a) Wat is de invloed van de temperatuur op het afvangen van kwik in de zure wastrap?
(10) b) Wat is de invloed van de pH op het afvangen van kwik in de zure wastrap?

Vraag 11.

In de controlekamer wordt de hoeveelheid rookgas die het E-Filter binnen treedt gemeten in Normaal kuub per uur.

In de controlekamer leest men de hoeveelheid rookgas af en ziet dat dit 150.000 Nm³/uur bedraagt. De temperatuur van het rookgas bij intrede E-Filter bedraagt 230 °C en de druk 995 mbara. De netto doortocht door het E-Filter bedraagt 42 m².

Gevraagd:

- (20) a) Bereken de snelheid van het rookgas door het E-Filter.
(10) b) Is de berekende snelheid nu dat deze in het bedrijfsgebied van het E-Filter ligt? Motiveer uw antwoord.

Vraag 12.

Bij vrijwel elk verbrandingsproces ontstaat naast andere stoffen NO_x. Voor NO_x is door de vergunningverlener een bepaalde emissie-eis vastgelegd.

Gevraagd:

- (10) a) Wat verstaat de vergunningverlener onder NO_x?
(10) b) Wat wordt verstaan onder primaire beperking van NO_x en welke methoden staan er tot onze beschikking bij Afval Gestookte Ketels?
(10) c) Wat wordt verstaan onder secundaire beperking van NO_x en welke methoden staan er tot onze beschikking bij Afval Gestookte Ketels?

Vraag 13.

Bij een fysisch chemische afval water zuivering kennen we begrippen zoals: sedimentatie, coagulatie, precipitatie en flocculatie.

Gevraagd:

- (10) a) Zet de vier genoemde begrippen in de juiste volgorde achter elkaar.
(10) b) Wat wordt verstaan onder: precipitatie?

- (10) c) In dergelijke waterzuiveringen wordt of TMT-15 of bijvoorbeeld Na_2S gebruikt. Geef het verschil aan tussen TMT-15 en Na_2S .

Vraag 14:

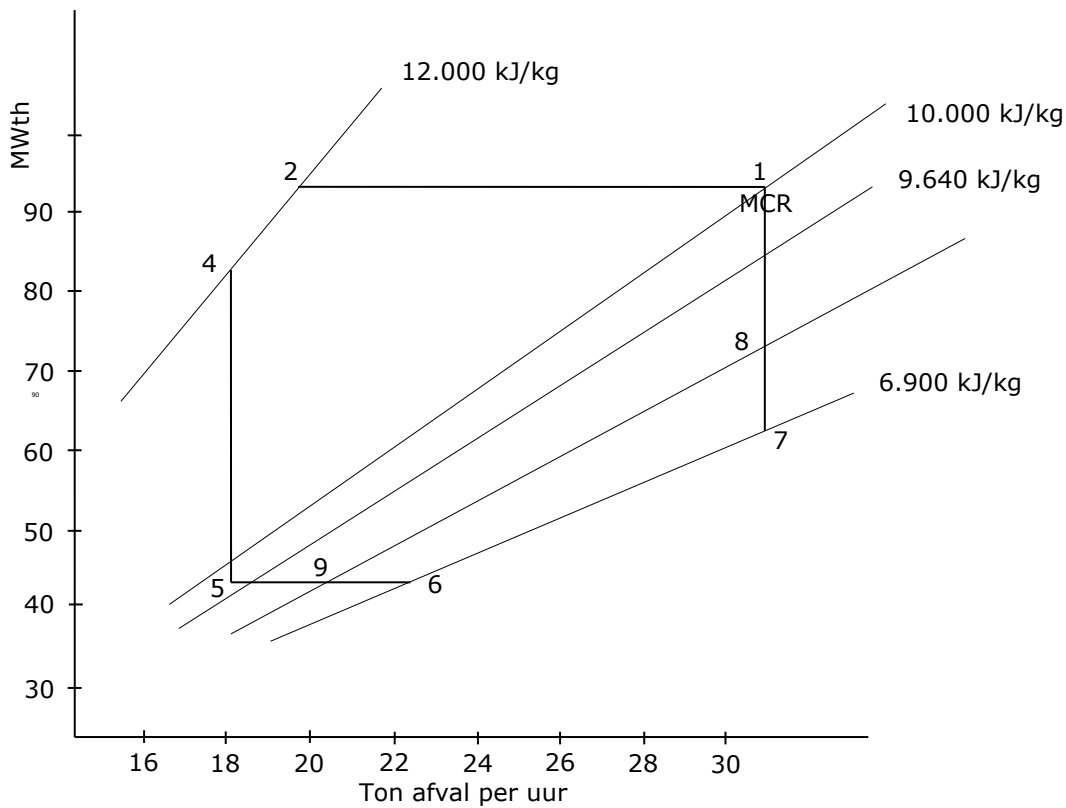
Bij de verbranding van afval komen onder andere Dioxinen en Furanen vrij. Van deze stoffen is bekend dat ze persistent, lipofiel en carcinogeen is.

Gevraagd:

- (10) a) Wat wordt onder een Furaan verstaan, geef de juiste omschrijving.
 (10) b) Wat wordt verstaan onder een lipofiele stof?
 (10) c) Wat wordt verstaan onder een persistente stof?
 (10) d) In welk temperatuurtraject worden Furanen gevormd?

Vraag 15:

Gegeven is het onderstaand stookdiagram. U kunt er van uit gaan dat punt 1 het MCR punt voorstelt.



Gevraagd:

- (10) a) Wat is de betekenis van het MCR punt voor de installatie?
 (10) b) Wat kan de betekenis zijn van het omkaderde gebied 1-2-4-5-9-8-1
 (10) c) Wat is hier zeer waarschijnlijk de betekenis van de lijn door 6 en 7?

Vraag 16:

In rookgasreinigingssystemen worden vaak sproeidrogers en sproeiabsorbers toegepast. In beide gevallen kunnen ze bij overschrijding van een bepaalde temperatuur spontaan dichtgroeien.

Het proces in een sproeidroger en sproeiabsorber wordt een adiabatisch proces genoemd.

Gevraagd:

- (10) a) Wat wordt bedoeld met een adiabatisch proces, dit met betrekking tot de sproeidroger en de sproeiabsorber.

- (10) b) Als de temperatuur, gemiddeld, lager wordt dan circa 145 °C dan kan de sproeidroger, sproeiabsorber, dichtgroeien. Geef een verklaring hoe dit kan of hoe dit ontstaat en hoe dit genoemd wordt.

Vraag 17:

Van een natte wasser is gegeven dat de dichtheid van het spuiwater 1100 kg/m³ bedraagt. De dichtheid van het suppletiewater dat aan de wastrap wordt toegevoerd bedraagt 1020 kg/m³.

(20) **Gevraagd:**

Als er 3 kilogram water per tijdseenheid verdampt uit de wastrap, hoe groot moet dan de hoeveelheid suppletiewater bedragen?

Vraag 18:

De vergunningverlener stelt hoge eisen aan de reinheid van het rookgas bij de uitstoot. Zo zijn er emissie-eisen voor: SO_x; PCDD/F; NO_x; CO; PCB en PAK.

Gevraagd:

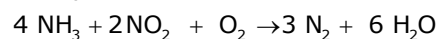
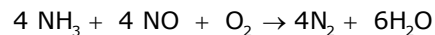
- (10) a) Wat verstaat de vergunningverlener onder SO_x?
(10) b) Wat wordt bedoeld met PCDD/F?
(10) c) Wat is het wezenlijke verschil tussen koude en warme CO?

Vraag 19:

Van een Afval Energie Centrale is gegeven dat er 25 ton afval per uur wordt verstoekt. Er ontstaat 350 ppmv NO_x per Normaalkuub rookgas. Per ton verstoekt afval wordt er 5000 Nm³ rookgas per uur gevormd. De hoeveelheid geproduceerde NO_x bestaat voor 95 vol % uit NO en voor 5 vol% uit NO₂.

Gebruik wordt gemaakt van ammonia in een sterkte van 24,5 %.

Maak gebruik van de onderstaande reactievergelijkingen:



Gevraagd:

- (30) Hoeveel kg zuivere Ammoniak is er per uur theoretisch benodigd, of hoeveel liter Ammoniawater is er per uur theoretisch nodig, kies zelf welk antwoord u wilt geven.

Vraag 20:

Bij afvalverbrandinginstallaties worden veel E-Filters toegepast om het stof, vliegaf, af te vangen. Bij houtgestookte centrales worden er juist veel cyclonen toegepast om stof af te vangen.

Gevraagd:

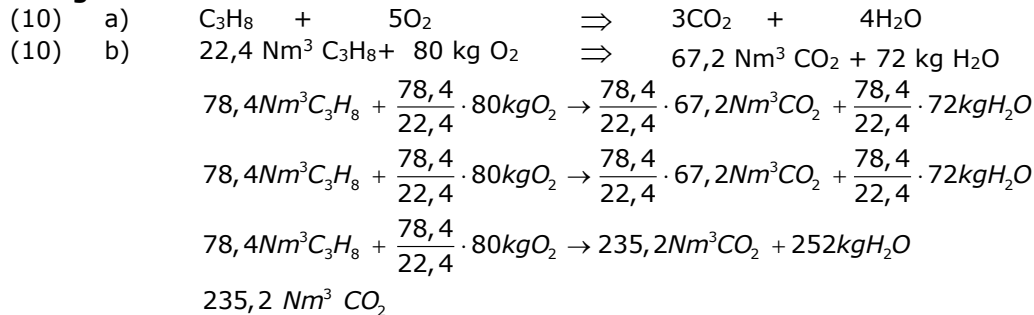
- (10) a) Wat is de reden(en) dat bij afvalgestookte installaties geen cyclonen worden toegepast om de vliegaf af te vangen?
(10) b) Bij E-Filters moet aan vier criteria voldaan zijn om optimaal stof af te vangen, noem deze vier criteria.

ANTWOORDEN EXAMEN ROOKGASREINIGING EPT (nr 182)

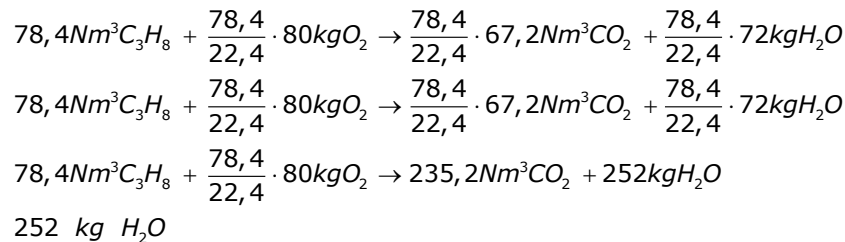
Vraag 1:

(10) Groep 7a wordt de halogenen genoemd.

Vraag 2:



(10) c)



Vraag 3.

(10) 1 mol chloorgas is 22,4 Normaal dm³

5 liter chloorgas is dan:

$$\frac{5}{22,4} \text{ mol } Cl_2$$

$$\frac{5}{22,4} \cdot 2 \cdot 35 = 15,62 \text{ gram}$$

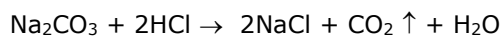
Vraag 4.

(10)

Indifferente oxiden zijn oxiden die niet met water reageren.

Vraag 5.

(10)



Vraag 6.

(10)

$$p_{65} = \frac{\text{Vol}\% H_2O}{100} \cdot p_{gas}$$

$$0,2504 = \frac{\text{Vol}\% H_2O}{100} \cdot 0,98$$

$$\text{Vol}\% H_2O = 25,55 \text{ vol}\%$$

Vraag 7.

(10)

Om te voorkomen dat SO₂ overgaat in SO₃

Vraag 8.

(10)

Bij Low Ratio doekenfilters kan de doekenbelasting variëren van 30-90 m³/m²·h

Vraag 9.

(20)

1. De pH moet lager zijn dan 6,5
2. Het zuurstofgehalte moet groter of gelijk zijn dan 6 vol%
3. De dichtheid van het spuiwater moet kleiner zijn dan 1120 kg/m³
4. Het HCl gehalte in het rookgas mag niet meer bedragen dan 30 mgr/Nm³

Vraag 10.

- (10) a) Hoe hoger de temperatuur wordt hoe meer kwik er uitdampt, dus hoe hoger de temperatuur hoe slechter het rendement, of hoe lager de temperatuur hoe beter het rendement.
- (10) b) Hoe lager de pH hoe beter het afvangstrendement van kwik is.

Vraag 11. (20) a)

$$\dot{V}_w = \dot{V}_0 \cdot \frac{273 + t_w}{273} \cdot \frac{p_0}{p_w}$$

$$\dot{V}_w = 150.000 \cdot \frac{273 + 230}{273} \cdot \frac{1013}{995} = 281.373,35 \text{ Rm}^3 / \text{uur}$$

$$\dot{V}_w = 78 \text{ Rm}^3 / \text{s}$$

$$\dot{V}_w = A \cdot c$$

$$c = \frac{78}{42} = 1,857 \text{ m} / \text{s}$$

- (10) b) De werkelijke snelheid van het rookgas door het E-Filter moet liggen tussen 0,5 en 2,0 m/s. Hier blijkt dat deze lager is, dus geen probleem.

Vraag 12.

- (10) a) Dit is de verzamelnaam voor NO en NO₂.
- (10) b) Primair komt altijd neer op vlamtemperatuur verlaging. Dit kan bij Afvalgestookte Installaties het best door middel van Rookgasrecirculatie (Reci lucht).
- (10) c) Dit kan met behulp van Secundair Niet Katalytische Reductie en Secundair Katalytische Reductie.

Vraag 13:

- (10) a) Precipitatie, coagulatie, flocculatie en sedimentatie.
- (10) b) Precipitatie is de omzetting van Metaalionen in niet tot zeer slecht oplosbare Metaalhydroxiden.
- (10) c) TMT bindt enkel 1 en 2 waardige ionen, terwijl Na₂S alle waardigheden bind.

Vraag 14:

- (10) a) Een furaan is opgebouwd uit twee benzeen moleculen, die verbonden zijn door één zuurstofatoom en waarbij minimaal op plaats 2, 3, 7 en 8 een chlooratoom aanwezig is.
- (10) b) Lipofiel betekent letterlijk, vetminnend, dioxinen en furanen binden zich aan vet.
- (10) c) Persistent wil zeggen dat ze zeer stabiel en moeilijk afbreekbaar zijn.
- (10) d) Tussen de 500 °C en de 350 °C.

Vraag 15:

- (10) a) Maximum Continuous Rate, Maximaal Nominaal Vermogen. Alles boven punt 1 is thermisch overbelast en rechts van punt 1 mechanisch overbelast.
- (10) b) Het garantiegebied. Met stookwaardes en doorzetten die in dit gebied vallen brand het afval uit zichzelf, dus zonder dat hier een luvo en een steunbrander(s) voor nodig zijn.
- (10) c) Waarschijnlijk is dit de minimale stookwaarde, als de stookwaarde onder deze waarde (lijn) komt, dan moet er worden bijgestookt met branders.

Vraag 16:

- (10) a) Hier wordt bedoeld dat het een proces is waarbij geen warmte met de omgeving wordt gewisseld en dat *niet* omkeerbaar is. Het rookgas koelt af, maar de hoeveelheid warmte voor en na de sproeidroger, absorber, blijft gelijk.
- (10) b) Dit wordt amorf genoemd. De CaCl₂ krijgt tijdens het afkoelproces steeds meer kristalwater en wordt plakkerig en zet dit af aan de binnenzijde van de reactor. CaCl₂·XH₂O. De X kan hier alles zijn, dus veel kristalwater.

Vraag 17:
(20)

$$\text{Indikking} = \frac{\rho_{spui}}{\rho_{supp}} = \frac{1100}{1020} = 1,07843$$

$$\dot{m}_{suppletie} = \dot{m}_{verdamping} \cdot \left(\frac{\text{Indikking}}{\text{Indikking}-1} \right)$$

$$\dot{m}_{suppletie} = 3 \cdot \left(\frac{1,07843}{1,07843-1} \right) = 41,25 \text{ kg / s}$$

Vraag 18:

(10) a)

SO₂ en SO₃

(10) b)

Poly Chloor Dibenzo para Dioxine en Poly Chloor Dibenzo Furaan, maar Dioxinen en Furanen volstaat ook

(10) c)

Koude CO wordt gemaakt als er voldoende zuurstof aanwezig is maar de temperatuur te laag is, te laag is lager dan 675 °C.

Warme CO wordt gevormd bij een gebrek aan zuurstof en voldoende temperatuur, waarbij voldoende temperatuur wil zeggen, groter of gelijk aan 675 °C.

Vraag 19. (30)

Aan NO_x wordt er dan gevormd:

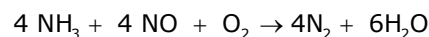
350 ppm(v) komt overeen met 0,035 Vol%

$$\frac{25 \cdot 5000 \cdot 0,035}{100} = 43,75 \text{ Nm}^3 \text{ NO}_x / \text{uur}$$

Aan NO en NO₂ wordt dit dan:

$$43,75 \cdot 0,95 = 41,5625 \text{ Nm}^3 \text{ NO} / \text{uur}$$

$$43,75 \cdot 0,05 = 2,1875 \text{ Nm}^3 \text{ NO}_2 / \text{uur}$$



$$4 \cdot 17 \text{ kg NH}_3 \hat{=} 4 \cdot 22,4 \text{ Nm}^3 \text{ NO}$$

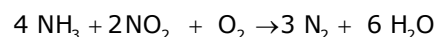
$$68 \text{ kg NH}_3 \hat{=} 89,6 \text{ Nm}^3 \text{ NO}$$

$$\frac{68}{89,6} \text{ kg NH}_3 \hat{=} 1 \text{ Nm}^3 \text{ NO}$$

Hieruit volgt:

$$41,5625 \text{ Nm}^3 \text{ NO} \hat{=} 41,5625 \cdot \frac{68}{89,6} \text{ kg NH}_3$$

$$41,5625 \text{ Nm}^3 \text{ NO/uur} \hat{=} 31,54 \text{ kg NH}_3 / \text{uur}$$



$$4 \cdot 17 \text{ kg NH}_3 \hat{=} 2 \cdot 22,4 \text{ Nm}^3 \text{ NO}_2$$

$$68 \text{ kg NH}_3 \hat{=} 2 \cdot 22,4 \text{ Nm}^3 \text{ NO}_2$$

$$\frac{68}{2 \cdot 22,4} \text{ kg NH}_3 \hat{=} 1 \text{ Nm}^3 \text{ NO}_2$$

Hieruit volgt:

$$2,1875 \text{ Nm}^3 \text{ NO}_2 \hat{=} 2,1875 \cdot \frac{68}{2 \cdot 22,4} \text{ kg NH}_3$$

$$2,1875 \text{ Nm}^3 \text{ NO}_2 / \text{uur} \hat{=} 3,32 \text{ kg NH}_3 / \text{uur}$$

Totaal hebben we dan: $31,54 + 3,32 = 34,86$ kilogram NH_3 per uur nodig.

Als de oplossing bestaat uit 24,5 % NH_3 , dan is er aan Ammonia oplossing nodig:

$$\frac{34,86}{0,245} = 142,28 \text{ liter oplossing Ammonia per uur nodig.}$$

Vraag 20:

(10) a)

Bij AVI's is het stofaanbod vele malen groter dan bij houtgestookte centrales. Aangezien het rendement van cyclonen veel lager is dan E-Filters worden bij AVI's E-Filters toegepast i.p.v. cyclonen.

(10) b)

- Een gelijkmatig temperatuurprofiel.
- Rookgassnelheid tussen 0,5 en 2 m/s.
- Specifieke weerstand tussen 10^4 en 10^9 Ohm meter ($\Omega \cdot \text{m}$).
- Voldoende werkend oppervlak.