

Bepalings- en Rapportageprotocol

Benzeen emissies

Olie- en gasector

INLEIDING

In 2018 heeft NOGEPA omwille van de consistentie een bepalingsprotocol voor methaanemissies ontwikkeld, wat door de O&G operators gebruikt wordt voor het bepalen en rapporteren van methaan-emissies in het e-MJV en ten behoeve van het Methaan Reductie Convenant tussen NOGEPA en het ministerie van EZK.

Met de toekomstige ontwikkeling omtrent de Omgevingswet, is er ook een noodzaak ontstaan om eenduidig de emissies van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) en met name benzeen als de belangrijkste ZZS, te bepalen en te rapporteren.

In 2020 is in NOGEPA verband een project opgestart met als doel de blootstelling naar de mens en milieu te minimaliseren door het reduceren van de benzeen-emissies. In dit project is ook veel aandacht gegeven aan het kwantificeren van de benzeen-emissies, deze informatie is verwerkt in dit protocol.

Dit bepalingsprotocol geeft een handleiding hoe de benzeenemissie eenduidig te bepalen en te rapporteren, de methodiek is identiek aan het bepalingsprotocol voor methaan-emissies. Het doel is dat Olie en Gas organisaties beide protocollen in hun rapportagesysteem verwerken, daarom volgt de inhoud van het bepalingsprotocol benzeen de lay-out en inhoud van het bepalingsprotocol voor methaan.

1. BENZEENEMISSIONS IN DE OLIE – EN GASINDUSTRIE

1.1 Benzeen emissies bij olie en gasproductie

Dit protocol is van toepassing op alle activiteiten in de olie en gassector:

- Exploratie (zie volgende paragraaf 1.2)
- Productie
- Behandeling
- Compressie
- Transport
- Opslag, ondergronds en in tanken
- Aanverwante activiteiten

Bij zowel de productie van aardolie als de productie van aardgas komen benzeenemissionen vrij in de diverse processtappen. Bij gasproductie bestaan die kort gezegd uit het afscheiden en behandelen van (formatie/productie) water en aardgascondensaat, het drogen van het aardgas en het comprimeren ten behoeve van het pijpleidingtransport.

Bij olieproductie wordt productiewater en gas van de olie afgescheiden. De restgassen worden zoveel als mogelijk bij de gasstroom gevoegd en worden of gebruikt voor andere doeleinden op de locatie of geëxporteerd naar land. Een deel van deze restgassen worden geëmitteerd, doorgaans via het daarvoor bestemde vent- of fakkelsystemen. Daarin worden van diverse (sub)bronnen vrijkomende restgassen verzameld en gekanaliseerd in de atmosfeer gebracht.

Naast de gekanaliseerde emissies zijn er op diverse punten in het proces kleine lekkages bij flenzen, pompen en appendages welke ter plekke naar de atmosfeer worden geëmitteerd. Dit zijn de zogenaamde lekverliezen ofwel diffuse emissies. Deze diffuse emissies zijn onderhevig aan een beheerprogramma met als doel het minimaliseren van lekkages. Tot slot vinden incidenteel gaslekkages plaats door onvoorziene omstandigheden.

Ondersteunend aan de olie- en gasbehandeling zijn er stookinstallaties in werking voor de aandrijving van generatoren en compressoren en ten behoeve van gasdroging worden fornuizen ingezet, waaronder OVC's: een speciaal type fornuis waarin restgassen worden meegestookt.

Van alle onderscheidenlijke bronnen in de hierboven beschreven activiteiten is een overzicht gemaakt. Conform het Bepalingsprotocol methaan-emissionen is hierbij gebruik gemaakt van het rapport "Cold venting and fugitive emissions from Norwegian offshore oil and gas activities(M-515/2016)" opgesteld door AddEnergy uit Noorwegen, aangevuld met enkele eigen specifieke bronnen uit de Nederlandse situatie.

1.2 Benzeen emissies bij boringen

Voorafgaand aan olie- en gaswinning om het reservoir te bereiken en productieputten te realiseren maar ook tijdens herstel of het verlaten van reservoirs vinden boringen plaats. Bij deze booractiviteiten kunnen emissies van onverbrande koolwaterstoffen (inclusief methaan en benzeen) plaats vinden via de uitlaatgassen van stookinstallaties, waarmee aan boord van de boorinstallatie elektriciteit wordt opgewekt. In geval van een aansluiting op een elektriciteitsnet, zijn deze verbrandingsemissies niet van toepassing. Een grotere bron van onverbrande koolwaterstoffen emissies bij booractiviteiten betreft echter het testen van de nieuwe productieput, waarbij gas afgefakkeld kan worden. Ondanks het hoge verbrandingsrendement (99 %) van de fakkel, gaat er een klein deel van het gas onverbrand de atmosfeer in.

2. RAPPORTAGE VAN BENZEEN-EMISSIES

In het e-MJV wordt alleen expliciet de benzeenvracht in het productiewater gerapporteerd. De benzeenemissies naar de lucht zijn onderdeel van de NMVOS (Niet Methaan Vluchtige Organische Stoffen) emissies, zoals gerapporteerd in het e-MJV.

In de NMVOS emissie zijn ook andere componenten dan benzeen opgenomen, zoals ethaan, propaan en butaan. Deze componenten zijn geen ZZS, de in het e-MJV gerapporteerde NMVOS bestaat dus niet exclusief uit ZZS. In het kader van het Benzeenreductieprogramma van NOGEPA uit 2020 is de bepaling van de benzeenemissies nader uitgewerkt. Om aan te sluiten bij het Bepalingsprotocol Methaan is uitgegaan van een identieke structuur en werkwijze voor de bepaling en rapportage van benzeenemissies. Ter verduidelijking wordt daarom eerst de indeling beschreven zoals die van toepassing is voor methaan en worden eventuele wijzigingen ten opzichte van benzeen aangegeven.

2.1 Categorieën voor methaan emissies in de e-MJV

In het rapportage-thema 'Lucht' van de e-MJV applicatie zijn negen categorieën opgenomen waarin de methaan emissies uit het proces gerapporteerd moeten worden. Vier daarvan hebben betrekking op dezelfde oorsprong, maar onderscheiden zich voor productie van olie en aardgas (onder productie worden ook de getallen voor de opslag van gas gerapporteerd). De vijfde categorie is specifiek bedoeld voor booractiviteiten. In de tabel 1 hieronder is dat nader gespecificeerd:

e-MJV categorie	Beschrijving
1	CH ₄ door stookinstallaties t.b.v. olieproductie
	CH ₄ door stookinstallaties t.b.v. gasproductie
2	CH ₄ door flaring t.b.v. olieproductie
	CH ₄ door flaring t.b.v. gasproductie
3	CH ₄ door venting t.b.v. olieproductie
	CH ₄ door venting t.b.v. gasproductie
4	CH ₄ van overige installaties incl. diffuse emissies door olieproductie
	CH ₄ van overige installaties incl. diffuse emissies door gasproductie
5	Drilling & Well services

Tabel 1: indeling van de e-MJV categorieën voor de rapportage van methaan emissies in de E&P.

Een identieke indeling wordt ook voorgesteld voor benzeenemissies. Het bestaande Excel spreadsheet per methaanemissiebron is daartoe voor benzeenemissies uitgebreid met een aantal extra kolommen.

3. BEPALING VAN BENZEENEMISSIES

Om de benzeenemissies eenduidig en transparant te bepalen en te rapporteren, heeft NOGEPa voorliggend bepalingsprotocol opgesteld aan de hand van de in hoofdstuk 1 beschreven emissiebronnen en de vijf rapportage categorieën in het eMJV.

Per emissiebron is bepaald op welke manier de benzeen-emissies het best gekwantificeerd kunnen worden. Daarbij gelden per categorie de volgende voorkeuren, zie tabel 2:

Categorie		Voorkeursvolgorde bepalingsmethodiek
1	Benzeenemissie door stookinstallaties t.b.v. olieproductie en gasproductie	1. Meten van specifiek benzeengehalte in uitlaatgassen
		2. EPA kental voor algemeen benzeengehalte in uitlaatgassen
2	Benzeenemissie door flaring t.b.v. olieproductie en gasproductie	1. Meten van de flow (toevoer naar de flarestack)
		2. NeR BR E11 rendement torenfakkel >99%
		3. EPA kental voor fakkelrendement
3	Benzeenemissie door venting t.b.v. olieproductie en gasproductie	1. Meten gasdebiet naar ventsysteem
		2. Modelleren, proces-specifiek
		3. Berekenen, algemene proces standaard
4	Benzeenemissie van overige installaties incl. diffuse emissies door olieproductie en gasproductie	1. Leak, no leak benadering (LDAR): gericht maintenance programma
		2. Differentiëren op kentallen: Vaste uitstroombfactoren per type flens/appendage
		3. Meetinstrumenten, bijvoorbeeld: FLIR-Camera/Ultrasoon
5	Benzeenemissie door boorinstallaties olie en gas (exploratie en well services)	1. Meten van specifiek benzeengehalte in uitlaatgassen van stookinstallaties en gasdebiet naar fakkel
		2. NeR BR E11 voor fakkelrendement
		3. EPA fakkelrendement en EPA kental voor algemeen benzeengehalte in uitlaatgassen van stookinstallaties

Tabel 2: voorkeursvolgorde voor de bepaling van benzeenemissies in de O&G.

De gehele bepalingsmethodiek voor methaan- en benzeen-emissies is uitgewerkt in een Excel template (Bepalingsprotocol methaan-benzeen template v 3). Daarmee kan voor elke individuele locatie aan de hand van relevante methaan- en benzeen-emissiebronnen en de eMJV rapportage categorieën de juiste bepalingsmethodiek vastgesteld worden. Met de uitkomsten van deze template kan de operator het eigen emissieprogramma afstemmen op dit protocol. Rapportage in het eMJV gebeurt dan navolgbaar op de afgestemde uniforme methodiek.

In hoofdstuk 4 is een handleiding voor het invullen van de template opgenomen. Hieronder volgt eerst een overzicht van de uitgangspunten.

Een generiek uitgangspunt voor gasproductie is dat de benzeenconcentratie aanzienlijk lager is dan de methaanconcentratie in een stroom. Dit bemoeilijkt de analysemethodes van benzeen in emissies met name van stromen die warm en/of nat zijn. Per categorie zal hierop nader ingegaan worden.

3.1 Uitgangspunten bij eMJV categorie ‘stookinstallaties’

Het begrip ‘stookinstallatie’ is wettelijk gedefinieerd in artikel 1.1 van het Activiteitenbesluit:

“*stookinstallatie*: technische eenheid waarin brandstoffen worden geoxideerd ten einde de aldus opgewekte warmte te gebruiken;”

In de olie- en gasector worden stookinstallaties gebruikt voor diverse toepassingen, zoals weergegeven in tabel 3:

Type stookinstallatie		Toepassing
1	Gasturbine	1. Depletiecompressie
		2. Elektrische opwekking
2	Gasmotor	1. Elektrische opwekking
		2. Depletiecompressie
3	Dieselmotor	1. Elektrische opwekking
		2. Aandrijving van hijskranen of pompen
4	Fornuis, gestookt op standaard gas	Gasdroging (regeneratie van droogmiddel (MEG/TEG))
5	OVC (Overhead Vapour Combustor), gestookt op restgassen	Gasdroging (regeneratie van droogmiddel (MEG/TEG))

Tabel 3: Toepassingen van stookinstallaties in de olie- en gasector

In de uitlaatgassen van stookinstallaties kan methaan en benzeen voorkomen als gevolg van onvolledige verbranding van de brandstof. De concentratie van benzeen en andere componenten kan worden bepaald met rookgasmetingen, echter door de hoge temperatuur van de rookgassen is het lastig om correcte benzeenmetingen uit te voeren. In bijlage 1 wordt hierop nader ingegaan.

Het is gebruikelijk om de benzeenuitstoot van stookinstallaties te bepalen middels een kentel voor de benzeenuitstoot. Daarbij wordt gebruik gemaakt van waardes die gebruikelijk zijn per soort en omvang stookinstallatie, gerelateerd aan het brandstofverbruik. Deze waardes zijn gestandaardiseerd en algemeen toepasbaar op het soort stookinstallatie. Binnen Nogepe is afgesproken om voor deze kentallen aan te sluiten bij de standaarden uit de internationale olie- en gasector, vastgelegd door het ‘American Petroleum Institute’ (API): zie tabel 4 voor een overzicht voor een hoog calorisch gas:

	CH4				Benzene			
	EF	K	External reference	AP42 factoren	EF	K	External reference	AP42 factoren
	[g/ton fuel]	[%]			[g/ton fuel]	[%]		
Conventional gas turbine on fuel gas	189.63		AP42-3.4.1	0.0041	0.000000245		AP42-3.1.3	1.20E-05
Gas engine (rich gas)	4625.00		AP42-3.4.1	0.10	0.000032268		AP42-3.2.3	1.58E-03
Gas engine (lean gas)	5087.50		AP42-3.4.1	0.11	0.000008986		AP42-3.2.2	4.40E-04
Diesel engine	677.65		AP42-3.4.1	0.016	0.000169916		AP42-3.3.2	9.33E-04
Furnace	48.56		AP42-1.4.2	0.0011	0.000000042		AP42-1.4.3	2.10E-03
Flare	15000.00	98	IPPC	0.012		99	IPPC	

Tabel 4: Kentallen voor benzeenemissie door stookinstallaties in de olie- en gasector (NB parameters kunnen iets afwijken bij ander kwaliteit stookgas, dit wordt automatisch berekend in het template)

3.2 Uitgangspunten bij eMJV categorie 'flaring'

Bij fakkelen worden de in het proces verzamelde restgassen verbrand om ongewenste componenten te vernietigen. De hoeveelheid gas die naar de fakkel wordt geleid, wordt gemeten met een meetinstrument zoals bijvoorbeeld een ultrasoonmeter.

Ten aanzien van fakkels op land locaties stelt de NeR een ontwerpendement van minimaal 99%, voor de weinige fakkels in de offshore productie wordt deze norm ook aangehouden. Van de overgebleven 1%, die onverbrand de atmosfeer in gaat, wordt de hoeveelheid benzeen vastgesteld naar rato van de concentratie aan benzeen in het restgas (aangenomen is dat de verhouding in de onverbrande fractie na verbranding identiek is aan de concentratieverhoudingen in het restgas net voor de flare tip).

Het in paragraaf 1.1 genoemde fakkelen tijdens het testen van een put op een boorinstallatie is vergelijkbaar, echter met grotere volumes maar voor een beperkte duur. Dit wordt hieronder verder uitgewerkt in paragraaf 3.5.

3.3 Uitgangspunten bij eMJV categorie 'venting'

Bij venting worden de in het proces verzamelde restgassen samengebracht in een ventsysteem en gekanaliseerd op een hooggelegen punt (ventstack), circa 20 tot 60 meter boven het platform, naar de atmosfeer afgelaten. Vanwege variërende drukken in het proces is er een lage druk (LP) en een hoge druk (HP) ventsysteem aanwezig. Er zijn ventstacks waarin het debiet wordt gemeten met een meetinstrument zoals een thermische massameter of een ultrasoon instrument. Deze zijn gekalibreerd op het reguliere ventgas debiet met een meetonzekerheid van circa 10-50%.

Bij het drukvrij maken (incidentele emissies, blowdown) van de (deel-) installatie zijn de debieten aanzienlijk hoger, dikwijls buiten het meetbereik van het meetinstrument. In zulke gevallen kan aan de hand van actuele systeeminhoud en -druk niveau's een accuraat blow-down volume worden berekend.

Belangrijke benzeenbronnen, zoals glycolsystemen en gascondensaatsystemen, kunnen aangesloten zijn op het LP ventsysteem maar ook een eigen vetstack hebben. Het benzeengehalte van het ventgas is dan duidelijk verhoogd ten opzichte van het aardgas dat via pijpleidingen wordt geëxporteerd. Om een correcte berekening van de benzeenemissies van de LP vent te kunnen maken, moet of het benzeengehalte gemeten zijn of berekend middels een proces-simulatie.

Het kwantificeren van de ventgassen gebeurt ook wel zonder meetinstrument in de ventstack, doormiddel van modellering aan de hand van processpecificaties zoals druk, inhoud, stromingssnelheid, klepstanden, etc. In deze gevallen wordt een overzicht van de bronnen opgesteld, waaruit de totale benzeenemissie wordt bepaald.

Naast het centrale LP en HP systeem, worden op diverse locaties kleine stromen ventgassen afgelaten via kleinschalige kanalen. Te denken valt aan compressor afdichtbussen (seals), waarbij kentallen van de leverancier of metingen gebruikt kunnen worden en de diffuse emissies zoals ademverliezen van dieseltanks en skimmers.

3.4 Uitgangspunten bij eMJV categorie 'overige installaties incl. diffuse emissies'

De categorie 'overige' installaties betreft een restpost in de eMJV applicatie. Hieronder worden tevens onverhoopte gaslekkages gerapporteerd, welke als incident zijn gemeld aan het bevoegd gezag. Bij dergelijke incidenten wordt aan de hand van druk, tijdsduur en uitstroomopening de gaslekage gekwantificeerd.

Zoals in paragraaf 1.2 toegelicht zijn er op diverse punten in het proces kleine lekkages bij flenzen, pompen en appendages. Dit zijn de zogenaamde lekverliezen ofwel diffuse emissies welke niet gekanaliseerd hun weg naar de atmosfeer vinden.

Periodiek wordt naar lekkages in het systeem gezocht middels FID, ultrasoon of infrarood apparatuur (OGI Optical Gas Imaging). Gestandaardiseerde methode hierbij zijn bijvoorbeeld EPA methode 21, waarbij FID wordt gebruikt en het Optical Gas Imaging protocol, eveneens van de EPA (40 CFR Part 60, Appendix K).

Om een consistente indruk te verkrijgen hoe groot de totale diffuse emissies zijn, kan de zogenaamde "leak – no leak" methode worden gebruikt. Hierbij krijgt iedere lekkage die middels methode 21 of OGI gevonden is, een industrie gemiddeld statistisch kentel voor de emissie, dit kentel is afhankelijk van het type verbinding (flens, appendage, klep, open eind, etc). Flenzen, appendages etc, binnen een installatie waarvoor geen lekkage is gevonden krijgen eveneens een (lager) kentel voor de emissie (een zweetgetal). Door alle emissies van de individuele verbindingen van een installatie op te tellen wordt de totale diffuse emissie van de installatie verkregen. Aan de hand van de gascompositie kan hieruit de benzeenemissie ten gevolge van diffuse emissies worden verkregen.

3.5 Uitgangspunten bij eMJV categorie 'boorinstallaties'

In eerder paragrafen is al toegelicht dat bij booractiviteiten methaan en benzeen vrijkomt in de uitlaatgassen van de stookinstallaties en bij het fakkelen tijdens putttesten.

De bepalingsmethodieken zijn identiek aan de methodes zoals eerder beschreven in de paragrafen 3.1 (stookinstallaties) en 3.2 (flaring).

Het debiet van testgas dat naar de fakkel wordt geleid, wordt bepaald met een meetinstrument, zoals bijvoorbeeld een orifice meter welke grote debieten kan bepalen. De meetonzekerheid ligt daarbij op circa 10%.

de hand van het resultaat kan de operator het emissieregistratie systeem overeenkomstig aanpassen ten behoeve van eenduidige rapportage van methaan en benzeen emissies

4.2 Werkblad 2: Emission reporting overview

1. Bovenaan in rij 1 t/m 10 staat een overzicht van de eMJV categorieën voor de rapportage van methaan/benzeen emissies.
2. Daaronder in rij 14 t/m 29 staat per eMJV categorie aangegeven wat de voorkeur is om de betreffende methaan emissies te bepalen. Via een link kan de bepalingsmethodiek geopend worden.

4	Emission reporting based on e-MJV categories	
5		
6	e-MJV categories	Reporting method sequence
7	CH4 door stookinstallaties	1. Meten
8		2. EPA
9		
10	CH4 door flaring	1. NER
11	<i>Metten van de flow (toevoer naar de flarestack)</i>	2. EPA
12		
13	CH4 door venten (gekanaliseerd beoogd afvoeren)	1. Meten
14		2. Modelleren
15		3. Berekenen
16		
17	CH4 door diffuse emissies	1. Leak, no leak benadering
18		2. Differentiëren op kentallen
19		3. Meetinstrumenten
20		
21		

3. De lijst voor de benzeenbepalingen staat van rij 33 tot en met rij 45 in het spreadsheet.

categories	Reporting method sequence
C6H6 door stookinstallaties	1. Meten
	2. EPA
C6H6 door flaring	1. NER
<i>Metten van de flow (toevoer naar de flarestack)</i>	2. EPA
C6H6 door venten (gekanaliseerd beoogd afvoeren)	1. Meten
	2. Modelleren
	3. Berekenen
C6H6 door diffuse emissies	1. Leak, no leak benadering
	2. Differentiëren op kentallen
	3. Meetinstrumenten

4.3 Werkblad 3: Reporting scheme

Dit werkblad bevat zowel de methaan als de benzeenbronnen. Kolommen C tot en met M zijn voor methaan, kolommen O tot en met S voor benzeen.

1. Per platform wordt een template ingevuld. In werkblad 3 vindt per platform de daadwerkelijke selectie plaats van de onderscheidenlijke emissiebronnen die zijn weergegeven in de rijen 2 tot en met 90. De filterfunctie is actief, zodat eenvoudig gezocht en geselecteerd kan worden. In de kolommen D, E en G (methaan, blauw gearceerd) en R, S en U (benzeen, blauw gearceerd) moet een keuze aangegeven worden. De kolommen J en K (methaan oranje gearceerd) en X en Y (benzeen oranje gearceerd) geven na het invullen de te hanteren bepalingsmethodiek weer, waarmee de operator in het bedrijfsinterne registratiesysteem de emissies moet bepalen. In geval meerdere emissiebronnen via het HP of LP ventsysteem worden afgelaten kan dit worden aangegeven in kolom G en U.

Kolom	Onderwerp	Toelichting
A	Operator	Wordt automatisch ingevuld vanuit werkblad 1. Intro
B	Inrichting	Wordt automatisch ingevuld vanuit werkblad 1. Intro
C, O	eMJV categorie	Weergave van de betreffende eMJV categorie voor rapportage van methaan /benzeen emissies
D, P	CH ₄ emissie bronnen	Hoofdbron van methaan/benzeen emissies in het olie- of gasproductie proces, bijvoorbeeld "dry compressor seals"
E, Q	CH ₄ emissie sub-bronnen	Subbron van methaan/benzeenemissies, ter specificatie van de hoofdbron, bijvoorbeeld "primary seal, secondary seal en intermediate leakages"
F, R	Aanwezig op locatie?	Aanduiding of de betreffende methaan en/of benzeen emissie bron/subbron op het locatie aanwezig is.
G, S	Bepalingmethode	Aan de hand van de bepalingsvolgorde kan hier een keuze geselecteerd worden voor bijvoorbeeld "meten" of "EPA" (drilldown)
H, T	Beschrijving	Toelichting en achtergronden bij de geselecteerde bepalingmethode
I, U	Route ventgassen	Aanduiding waar de betreffende restgasstroom heen geleid wordt, zoals ventstack, uitlaat, OVC, etc (drilldown)
J, V	Beschrijving	Vrij tekst veld waarin operator de specifieke situatie toelicht.
K, W	Meetonzekerheid	Vrij tekst veld om de beschrijving van de meetonzekerheid te vermelden
L, X	Kental	Waarde van het specifieke kental dat wordt overgenomen in het emissieregistratiesysteem van de operator
M, Y	Unit	Eenheid bij het kental

Tabel 6: Overzicht kolommen in het reporting scheme

Na het invullen van werkblad 3 is er een goed overzicht van de relevante methaan emissiebronnen op het betreffende platform, in welke eMJV categorie deze gerapporteerd moeten worden en de wijze waarop de emissie bepaald wordt. Aan de hand van deze uitgangspunten moet de operator het bedrijfsinterne emissie monitoring en registratie systeem zodanig inrichten, dat de totstandkoming van de emissiegetallen consistent is.

Bijlage 1. Benzeen emissiemetingen

Voor het representatief bepalen van een benzeenconcentratie in een afgas of rookgasstroom moet in het meetprogramma aandacht gegeven worden aan de volgende zaken met betrekking tot de puntbron:

- Afgas-, rookgas- of lucht-matrix, inclusief dauwpunt, storende componenten etc.
- Verwachte concentratieniveau
- Temperatuur en druk afgas/rookgas
- Representativiteit benzeenconcentratie (fluctuaties in procescondities)
- Stabiliteit genomen monster en monsteropslag en transport

Voor een uitgebreide beschrijving voor de selectie van een goede monsternamestrategie wordt verwezen naar LUC/IV/000, 2016.

In het algemeen zijn er drie soorten afgassen/rookgassen op een platform:

1. Rookgassen van stookinstallaties: Heet, atmosferische druk, zeer lage concentraties (benzeen op ppb niveau), water dauwpunt boven omgevingstemperatuur en aanwezigheid van storende componenten, met name methaan die een aanzienlijk hoger concentratieniveau heeft. Hoofdcomponenten voornamelijk stikstof uit lucht, CO₂, water en mogelijk zuurstof.
2. Afgassen /vent gassen: temperatuur meestal omgevingstemperatuur of iets verhoogd, hoge tot atmosferische drukken (ventgassen vaak lagere drukken maar hoger dan atmosferisch), kunnen dauwpuntsproblemen zijn met water en condensaat, normaliter hoog/zeer hoog concentratieniveau benzeen in een aardgasmatrix.
3. Afgassen ruimteafzuiging/diffuse emissies. Omgevingstemperatuur en druk, normaliter geen dauwpuntproblemen, lage concentraties benzeen in luchtmatrix.

De volgende monsternamen en analysemethoden kunnen gebruikt worden voor benzeen (LUC/IV/000):

- Bemonsteren in gevacuümeerde drukcilinders gevolgd door laboratoriumanalyse (o.a. zie LUC/V/001). Dit is een gebruikelijke analysemethode voor monsters met een aardgasmatrix en verhoogde drukken en zeker geschikt voor afgas/ventgas monsternamen. Dergelijke monsternamen kan ook gebruikt worden voor putmonsters en stookgasmonsters. Het resultaat is een spot sample. Detectielimit is tussen 10-100 ppm benzeen.
- Bemonsteren in gaszakken gevolgd door laboratoriumanalyse. Gaszakken kunnen niet op overdruk gebracht worden, verder zijn ze groot en kwetsbaar (transport). Resultaat is een spot sample. Gaszakken kunnen middels een zogenaamde long gevuld worden om geen invloed van een pomp te hebben bij lage druk monsternamen. Detectielimit is tussen 10-100 ppm benzeen, maar kan verlaagd worden door het gas te concentreren op een absorptiemateriaal. Hierbij moet voorkomen worden dat er condensatie optreedt in de gaszak.
- Online gaschromatograaf met FID of PID, conform EPA 18. Monsternamen via een (verwarmde) teflon leiding. Geschikt voor alle soorten matrices, maar GC is niet geschikt voor hoge druk, de druk moet gereduceerd worden of een specifiek monsternamen systeem moet geïnstalleerd zijn (zoals bij exportgas). Indien over een langere periode gemeten wordt kan ook de trend bepaald worden. GC-FID is niet explosie veilig. Ook is een ijkgas nodig voor de kalibratie van het systeem en draaggas en mogelijk waterstof/lucht voor de FID.
- Bepalen van benzeen in afgassen conform Infomil "L40 Handleiding meten van luchtmissies" is NPR-CEN/TS 13649:2014, een adsorptiemethode (adsorptie van benzeen aan actief kool, Tenax etc), waarbij de desorptie plaats vindt middels een desorptievloeistof

of een thermische desorptie. Dit geeft al aan dat zo'n meting aan hete afgassen niet zonder meer mogelijk is. Omdat benzeen redelijk oplost in water is een monstername middels koeling ook niet zonder meer mogelijk, omdat hierbij een onbekend deel oplost in het rookgascondensaat. Deze methode is vooral geschikt voor ventilatielucht.

- Bemonstering middels een rookgasverduunningssysteem ter voorkoming van condensatie, adsorptie op TENAX of actief kool. De detectiegrens wordt verhoogd met de verdunningsfactor, wat deze methode minder geschikt maakt voor lage concentratieniveaus.
- PID met benzeendetectiebuis. Vaak is een dergelijk systeem aanwezig voor ARBO blootstellingsmetingen. Alleen geschikt voor luchtmatrix en (zeer) lage concentraties (minder dan 100ppm).
- Niet selectieve metingen. Een gangbare meetmethode voor CxHy in verbrandingsgassen of ventilatielucht is een FID. Echter in het algemeen is in de matrix aanzienlijk meer methaan aanwezig, waardoor de benzeenemissie niet te onderscheiden is van de rest van koolwaterstoffen. Ook is de detectiegrens van dergelijke apparaten vaak te hoog, waarbij aangetekend moet worden dat in de buitenlucht reeds 1,8 ppm methaan aanwezig is, waardoor het nullen van een FID uitsluitend kan gebeuren middels synthetische lucht van voldoende kwaliteit (lage concentratie koolwaterstoffen).

Verder zijn er meer geavanceerde systemen zoals direct aanwijzende massaspectrometer of en FTIR systeem, maar deze zijn geen standaard methoden voor een benzeenmeting.

Veiligheid tijdens monstername

Monstername zal altijd plaatsvinden nadat een geldige werkvergunning is verkregen. Een aantal aandachtspunten hiervoor zijn:

- Bij hoge druk monsternamepunten (meer dan atmosferisch feitelijk) moet het monsternamepunt, de koppeling met de monstername slang, de monsternameslang en het monsternamesysteem uitgelegd zijn op de maximaal optredende druk in het systeem.
- Veel meetapparatuur is niet explosieveilig en niet bestendig tegen offshorecondities.
- Meetpunten kunnen op moeilijk bereikbare plekken zitten (steiger, valbeveiliging).

Literatuur:

Infomil:	L40 Handleiding meten van luchtemissies
VITO	LUC/IV/000 Bemonstering van individuele vluchtige organische stoffen in een gasroom, Oktober 2016
VITO	LUC/IV/001 De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde aromatische koolwaterstoffen met GC-MS, oktober 2017
VITO	LUC/V/001 Bepaling van zeer vluchtige organische stoffen (ZVOS) in emissies met behulp van gaschromatografie, september 2017
NEN	NPR-CEN/TS 13649:2014, Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds – Sorptive sampling method followed by solvent extraction or thermal desorption
EPA	EPA 18, Measurement of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas Chromatography

Bijlage 2. Benzeenprocessimulatie

Er zijn een aantal factoren die belangrijk zijn voor de benzeenemissie van glycolsystemen. In onderstaande memo wordt hierop nader ingegaan, een korte samenvatting van de belangrijkste factoren:

- Binnen normale bedrijfsomstandigheden geven de diverse computerprogramma's redelijk vergelijkbare resultaten. Het gebruik van processimulatiesoftware is een goede manier voor het berekenen van de benzeenemissies.
- Slechts een klein gedeelte van het benzeen, dat de met het te drogen gas in de glycolcontactor wordt geleid, wordt geëmitteerd van de glycolunit (1-5 m/m%).
- De benzeenemissie van een glycol unit is lineair afhankelijk met de hoeveelheid rondgepompte glycol in de contactor
- De emissie van benzeen stijgt exponentieel met een hogere temperatuur van het afgas na de koeler
- Echter, de debieten zijn zo klein dat afgas uit glycol units dat naar de vent header gaat, snel afkoelt naar de omgevingstemperatuur. De processimulatie zal daarom uitgevoerd worden met de omgevingstemperatuur, waarbij 15 °C aangehouden wordt als jaargemiddelde temperatuur.
- Het gebruik van stripgas in de glycolregeneratie resulteert in een (aanzienlijk) hogere emissie van benzeen. Het gebruik van stripgas dient daarom geminimaliseerd te zijn.

In bijlage 3 is de memo voor de TF benzeen weergegeven over de parameters die van belang zijn bij glycol units, in bijlage 4 is de berekening weergegeven met betrekking tot de temperatuur van ventgas aan het eind van de ventpijp door afkoeling in de apparatuur en afvoerkanalen. Als laatste zijn in bijlage 5 een aantal parameters weergegeven, waarmee de benzeenemissie van een glycolunit kan worden geminimaliseerd.

Bijlage 3. Modelling benzene emissions from glycol units (NOGEP, internal memo for TF Methane and Benzene emissions, 25 April 2020)

This memo gives background information on how to calculate, using a process simulator, the benzene emissions from glycol units. Glycol units are used to reduce the water content in natural gas to prevent hydrate formation, water condensation and sequential corrosion in steel gas pipelines.

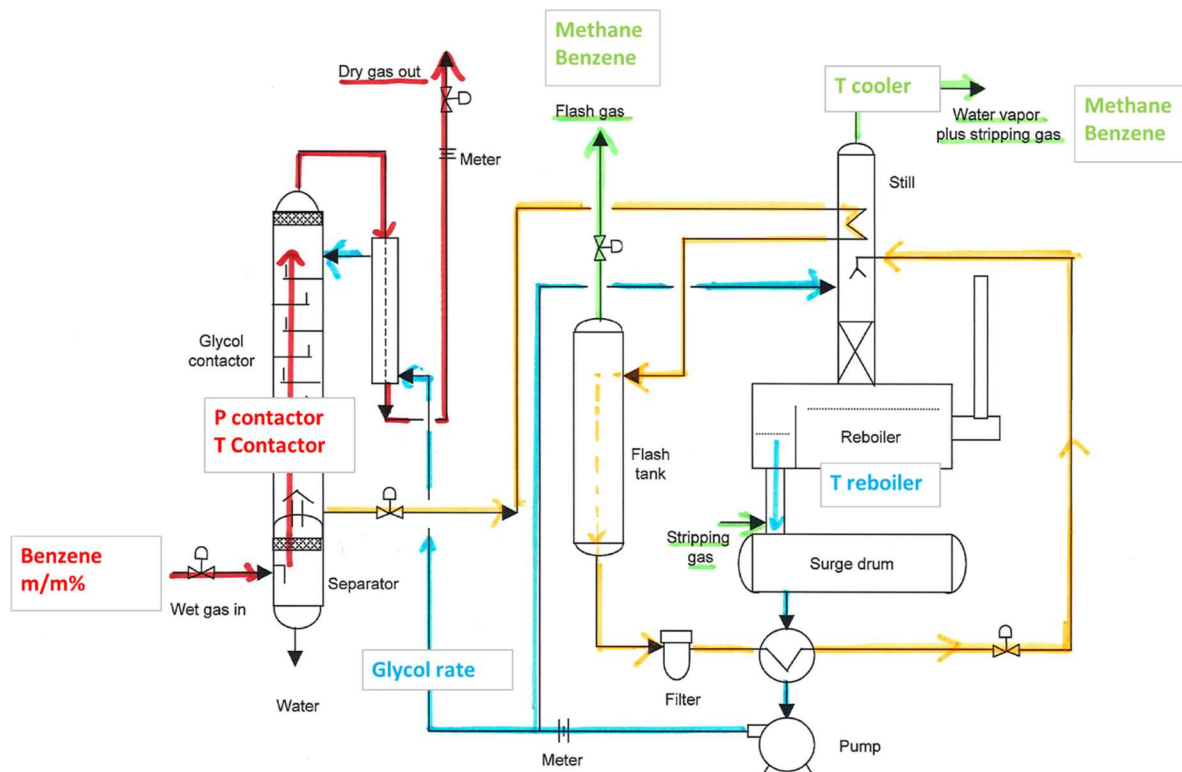
In the introduction a generic description of a typical glycol unit is given, including the main sources of emissions. In the following paragraphs the most relevant parameters for modelling are discussed, including a range in which the glycol units typical are operated. In the conclusion recommendations for the calculation of benzene emissions are given

This document supports the generic NOGEP reporting rules for methane and benzene

Introduction

A typical glycol unit consists of 3 main blocks:

- The contactor section where the gas in counter flow is dried by the lean glycol.
- The flash tank, where the rich glycol is let of pressure and dissolved gases will flash out
- The regeneration section with the boiler, the still column and the overhead vapour cooler, where the rich glycol is regenerated to lean glycol.



Emissions to the air from a glycol unit come potentially from 3 sources:

1. Combustion emissions from reboiler (for gas fired reboilers), including some methane slip. Some systems use electrical heated reboilers, which have no emissions of combustion products. Combustion gases are emitted via a local stack.
2. Flash gas emissions (natural gas and natural gas condensate vapours, including benzene).

3. Overhead vapours after Overhead Vapour Cooler (water vapour, natural gas condensate vapours including benzene, some remaining natural gas and, if used, stripping gas).

The last 2 streams can be routed to the vent system and emitted to the air or combusted.

- The flash gas can be routed to the LP fuel gas system.
- Overhead vapours can be routed to an Organic Vapour Combustor (OVC), where the organic gases are incinerated, or the waste gas streams are used as additional fuel for the glycol reboiler (which operates as a combined reboiler/OVC)

This memo only discusses the modelling of the composition and flow of the flash gas and overhead vapours of the glycol unit.

Modelling glycol system emissions

There are many software packages for process simulation. The modelling is done using heat-mass balances and composition information. A process simulation can concern the complete process on board of a platform, but also only concern a unit operation. The output of the simulation is normally a table showing per flow in the process the physical parameters, the composition and the state (gas/liquid).

The disadvantage of process simulation is that it is a model and that gas/condensate flows are complex mixtures. The equations used for the mass/heat transfer and phase transfer are state of the art but do differ between the different software suppliers. Also, in some case operator specific data is being used in the models, based on internal research and know-how.

The advantage of a process simulation is that it takes into account the real conditions in the plant, based on average process parameters. For every stream it provides the composition, physical conditions and the mass flow. It allows for identification of the most important contributors and also to check what process settings will result in best performance (in this case the lowest benzene emissions).

In other words, using a process modelling allows to define ALARP with respect to e.g. benzene emissions. It shows which parameters must be controlled to minimise benzene emissions, despite the fact that (limited) variations in the modelling results do occur. In appendix 2 an overview of considerations for operating a glycol units are given.

Analyses of results process simulations

As part of the development of this background information document, Dutch operators, who are using glycol systems that do emit to the air, have run several process simulations of their systems. The most common system is based on the use of TEG. Based on the input parameters and the results, data analyses have been carried out to determine the impact of certain parameters on the benzene emissions.

In the following paragraphs, the basic parameters are discussed.

General remarks

Almost all contactors are operated between 75 and 90 bar at a temperature of 25-35 °C. The glycol rate depends on the turn down ratio of the original design, as many contactors need to maintain a minimum glycol flow to operate properly. This can result in a higher glycol rate than necessary for the drying of the gas. But lowering the glycol rate is basically not possible for most operators due to minimum wetting requirements or minimum flow requirements of the contactor column.

All simulations show that the bulk of benzene stays in the gas phase in the contactor and that only a small part of the benzene is absorbed in the gas glycol is emitted to the gas phase in the flash vessel and after the Overhead vapour cooler (as long as the temperatures are below 40 °C).

Based on the simulations the following was derived:

- Transfer of benzene to glycol based on benzene input mass flow of contactor: Between 10 – 25 % of benzene is transferred to glycol phase.
- Emission levels based on benzene input mass flow of contactor: Between 1 to 5 % (highest overhead cooler temperature) of the benzene is emitted.
- I.e. most benzene is condensed in de overhead vapour cooler and returned to the process flow.

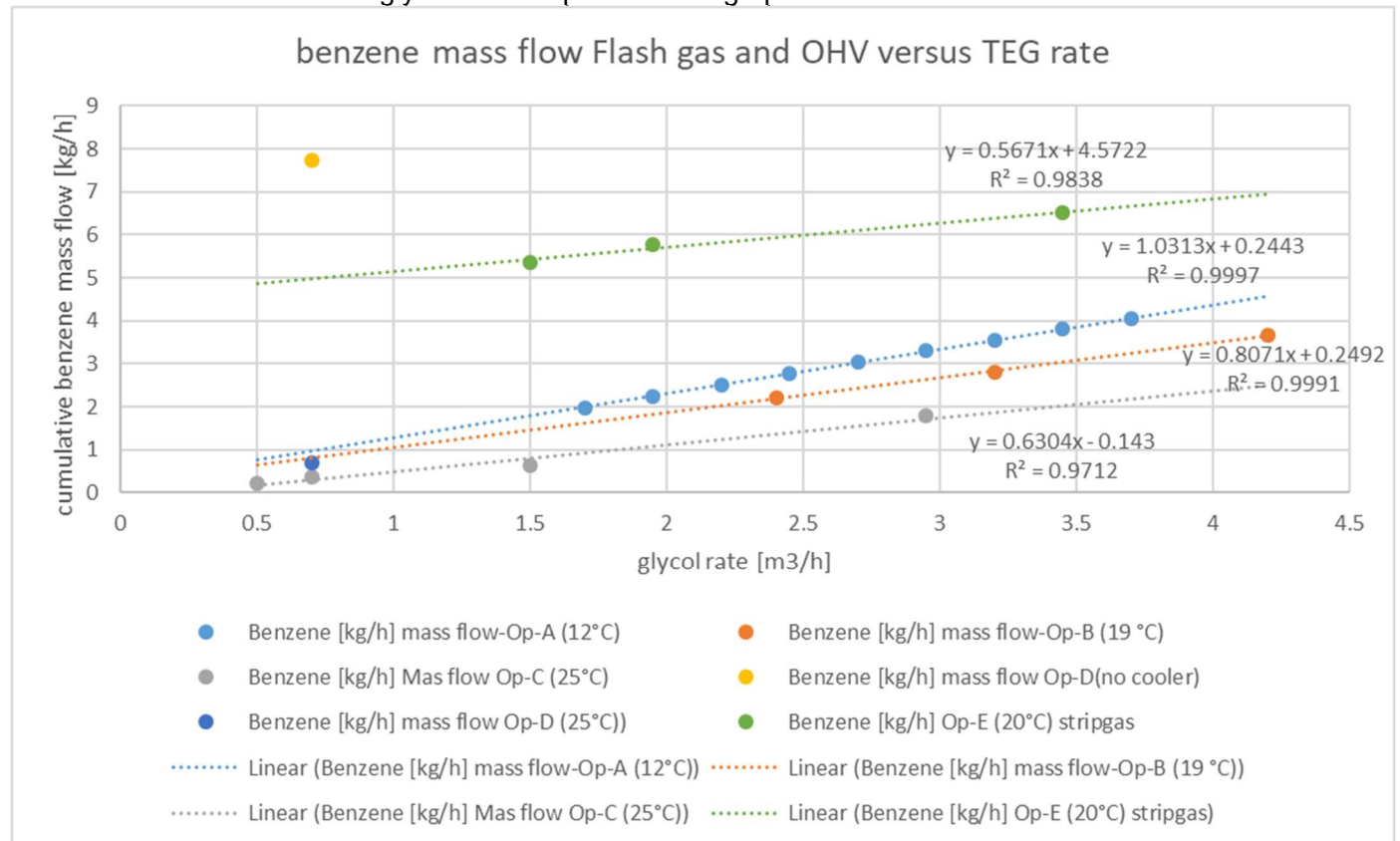
The benzene emission from the flash drum and after the overhead vapour cooler is only a very small part of the benzene flow in the system. Small differences in the model can therefore give relatively high differences in the benzene flow to the gas phase, but in absolute terms the differences of all models between the calculated benzene emissions are small.

Recirculation rate glycol

Minimising the glycol recirculation rate reduces the amount of glycol that is flashed off and the amount of glycol that needs to be regenerated. Assuming that the physical dimensions are not simply modified and that the dew point is prescribed by the export pipeline system requirements, the minimum glycol flow depends from:

- Input flow wet gas
- Type of column (packed or tray column)

For several simulations the results of the calculated total (=flash gas and overhead vapours) benzene emission versus the glycol rate are presented in graph 1.



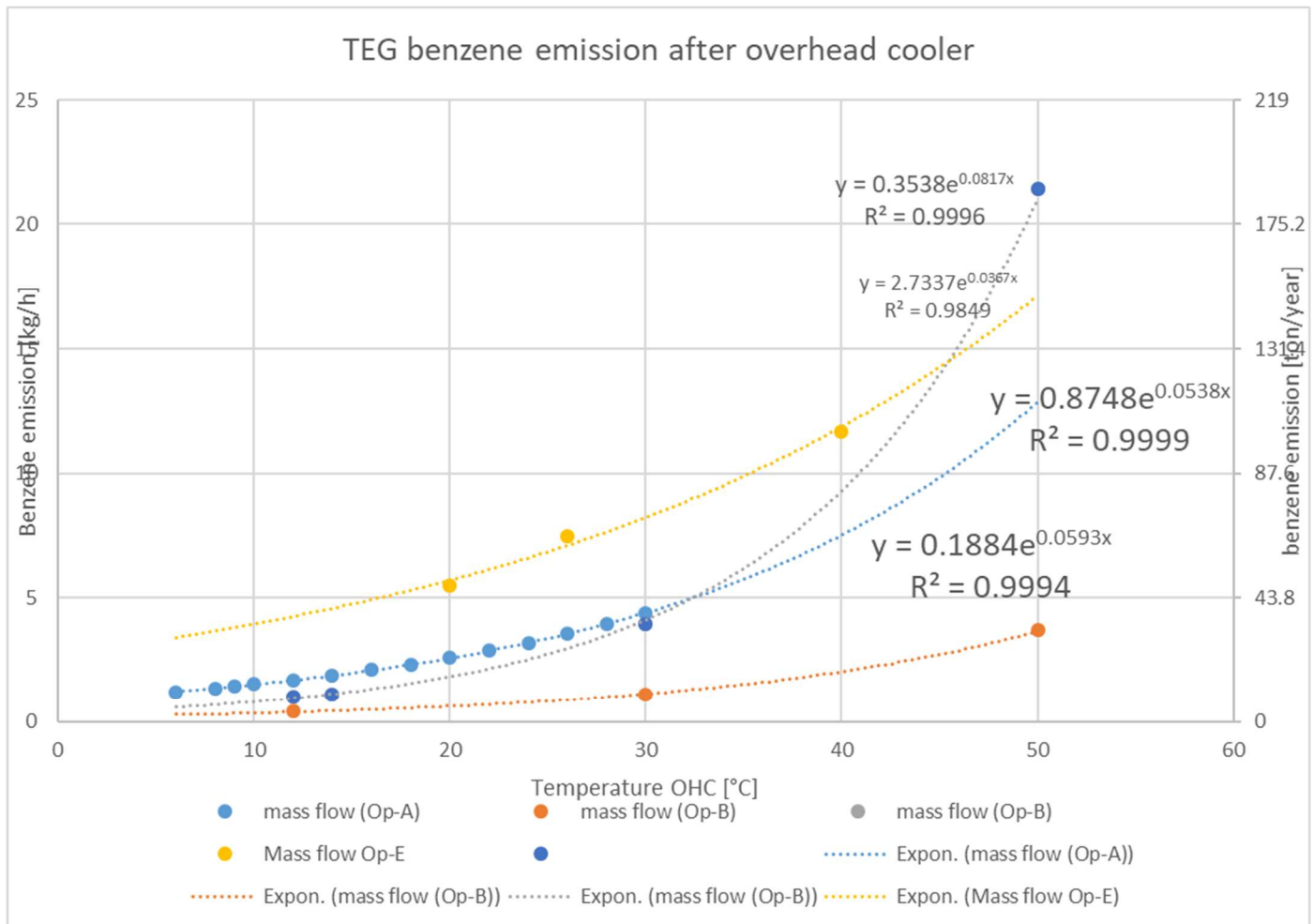
Graph 1. Total benzene emissions versus glycol rate based on different simulation models.

Some conclusions of graph 1:

- The relation between the recirculation rate and the total benzene emissions is linear.
- In general, process simulations of glycol units without stripping gas show a reasonable consistent emission level.
- Use of stripping gas results in significantly increased emissions.

Overhead Vapour Cooler

The rich glycol is regenerated by heating to evaporate the absorbed water and the dissolved hydrocarbons. To reduce the water content in the lean glycol, stripping gas (i.e. fuel gas) can be used to improve the desorption. The stripping gas and the water/dissolved hydrocarbon vapour leave the still column at the top (and are called overhead vapours). This gas/vapour stream is normally cooled to condensate the water fraction and the majority of the heavy hydrocarbons, including benzene. Several models have been made to correlate the benzene emissions as function of the exit temperature of the overhead vapours after the cooler, see graph 2.



Graph 2: Benzene emissions overhead vapours versus exit temperature cooler.

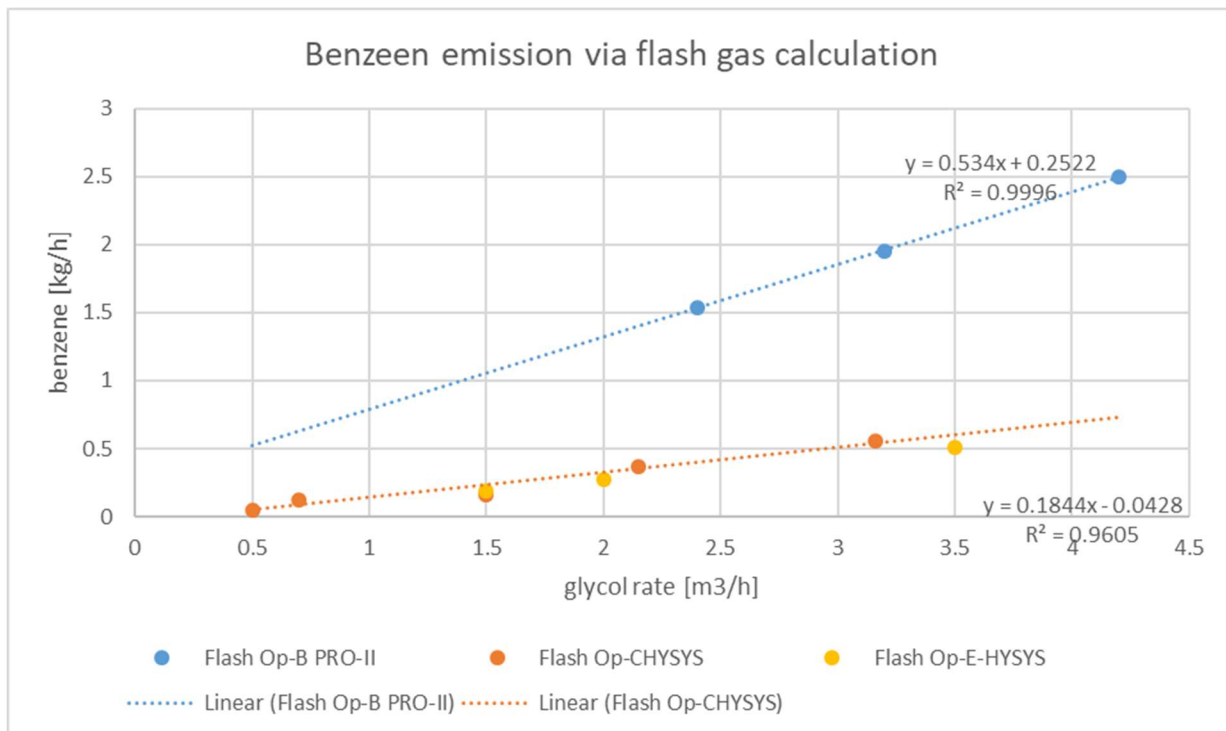
Based on graph 2 the following conclusions can be made for the overhead vapour emissions:

- Use of stripping gas. As most glycol units are underutilized, in many cases stripping gas is not needed any more (only needed when very low dew points are required), which results in a significant emission reduction; Only 2 operators are still using stripping gas.
- Temperature of overhead vapours in knock out drum after the cooler. The lower the temperature, the lower the benzene emissions, following an exponential curve. As most overhead vapours coolers are air coolers, the temperature is dependent from the season.
- A DRIZO unit (K5CC) will have a significant higher benzene emission at high temperatures, due to the use of the aromatic solvent. At normal (low) temperatures, there is no impact.
- Most coolers work around 10-20 °C (winter –summer), in general in that temperature range the simulations show some differences in calculated emissions, but in general the levels are in the same range.

Also some calculations have been made to see what the exit temperature of the vented gases is at the tip of the vent stack. All models basically show that vent gases are emitted at ambient temperature. In the vent headers, the knock-out drum and the vent stack itself the gases cool down to ambient air temperature.

Flash gas calculations

To demonstrate the impact of different models, simulations have been run for the calculation the benzene emissions via flash gas as function of the glycol rate, see graph 3.



Graph 3. Benzene emission via flash gas versus glycol rate

It shows that:

- As expected, also the flash gas emissions are linear with the glycol rate
- 2 operators using the same simulation software get the same result, a slightly different emission is calculated with another software.

Conclusion

Based on a comparison of the results of benzene emission modelling using process simulation software the following can be concluded:

- Process simulation software is a useful tool to determine the benzene emissions from glycol units. Inside the normal operating window of process conditions, the models show reasonable similar results for the total benzene emissions.
- The benzene emission from glycol systems are only a fraction of the input into the contactor.
- The benzene emission depends linear from the glycol rate and exponential from the cooler temperature.
- Use of stripping gas increases the benzene emissions compared to operations without stripping gas.

Bijlage 4. Modelling cooling of vent gas in vent stack

Based on PRO-II modelling, it appears that the vent gases will be close to the ambient air temperature at the top of the vent stack. The vent gas velocity is modelled for 0.5, 1.0 and 5.0 m/s (example calculation K5CC)

Ambient T° vs outlet T°	Velocity	m/s	0.5	1	5	Velocity	m/s	0.5	Velocity	m/s	0.5	1	5
	Gas T°	°C	40	40	40	Gas T°	°C	40	Gas T°	°C	40	40	40
	Ambient T°	°C	0	0	0	Ambient T°	°C	10	Ambient T°	°C	25	25	25
	Outlet T°	°C	1.8	2.7	5.1	Outlet T°	°C	11	Outlet T°	°C	25.5	25.8	26.7
	Gas T°	°C	60	60	60	Gas T°	°C	60	Gas T°	°C	60	60	60
	Ambient T°	°C	0	0	0	Ambient T°	°C	10	Ambient T°	°C	25	25	25
	Outlet T°	°C	2.7	3.6	7.7	Outlet T°	°C	11.8	Outlet T°	°C	26.1	26.8	29.3
	Gas T°	°C	80	80	80	Gas T°	°C	80	Gas T°	°C	80	80	80
	Ambient T°	°C	0	0	0	Ambient T°	°C	10	Ambient T°	°C	25	25	25
Outlet T°	°C	3.3	4.7	10.2	Outlet T°	°C	12.6	Outlet T°	°C	27	28	31.8	

The input data of the model is shown below.

INPUT DATAS:

		units	K5P LP
STACK	diameter	inch	10
	length	m	50
	nominal D	mm	250
	External D	mm	273.1
	Thickness	mm	6.35
	Sch.		20
	Internal D	mm	260.4
	Piping class		B51
	Sch.		20
	Material		CS
	rho	kg/m3	7850
	Cp	J/kg/K	460
	K	W/m/K	45
	U value	W/m2/K	7258

FLUID	inlet T°	°C	17
	Flow	Am3/h	103.2
	Flow	kg/h	109
	Enthalpy	kcal/kg	75.6
	Velocity	m/s	0.496

Bijlage 5 Optimal conditions TEG unit for gas drying

A generic write up on the operating parameters of a TEG glycol system to minimize emissions.

TEG PARAMETERS		
TEG recirculation rate	to be decreased in order to decrease	costs
		duty of reboiler
		TEG losses
		emissions (less HC absorbed in the TEG) at fildash drum and still column
	so that	15-40 L TEG / kg water absorbed
		%TEG in rich TEG - %TEG in lean TEG between 2 and 5%
CONTACTOR conditions	high pressure	in order to condense maximum of water
	low temperature	
Dew point: Recommended to consider a margin of 5-6°C below temperature specification		
Stripping gas	to reach	lean TEG purity > 98.7%wt
	to decrease	TEG recirculation rate
Reboiler temperature	to be	< 200°C (TEG decomposition) but as high as possible to reach purity of lean TEG without stripping g
Lean TEG	purity INCREASES	the dew point that can be achieved
	temperature so that	Temperature gas outlet contactor - temperature lean TEG = 5 to 10°C Temperature as low as possible: * to improve water absorption * to decrease TEG losses into sales gas * but temperature to be higher than the gas temperature to avoid HC condensation in the absorber and potential foaming