



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Ontgassen van MTBE-vervoerende schepen**

RIVM Briefrapport 2015-0051  
T. Bouwman et al.





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Ontgassen van MTBE-vervoerende schepen**

RIVM Briefrapport 2015-0051  
T. Bouwman et al.

## Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

T. Bouwman (auteur), RIVM  
P. Zandveld (auteur), TNO  
I. Raben (auteur), TNO  
J. Hulskotte (auteur), TNO  
W. van der Maas (auteur), RIVM

Contact:  
W. van der Maas

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van het project Emissieregistratie (M/240037/15/VP)

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Ontgassen van MTBE-vervoerende schepen**

Bij het ontgassen van binnenvaartschepen die de stof MTBE (methyl-tert-butylether) vervoeren, kunnen restanten MTBE vrijkomen. Het ontgassen gebeurt als de schepen varen, in principe buiten woonwijken. Van MTBE is bekend dat het een hinderlijke geur verspreidt die klachten als hoofdpijn kan veroorzaken. Mensen aan wal kunnen last hebben van de geur, die al bij lage concentraties optreedt. Vanwege de korte blootstellingsduur wordt de kans klein geacht dat bij hen andere directe gezondheidseffecten optreden.

Dit blijkt uit een kleinschalig onderzoek van het RIVM dat in samenwerking met TNO is uitgevoerd. Hiervoor is de berekende blootstelling vergeleken met de grenswaarden voor MTBE. Bij de berekeningen die voor dit onderzoek zijn uitgevoerd, is telkens uitgegaan van worst case-scenario's. Daarbinnen zijn de grenswaarden zelden overschreden. Het onderzoek is gestart naar aanleiding van Kamervragen die in 2013 zijn gesteld over de (geur)overlast bij mensen die in de regio Rijnmond aan de wal wonen.

De Tweede Kamer wilde ook weten of het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen de oorzaak is van de verhoogde MTBE-concentraties die in Nederlands oppervlaktewater zijn aangetroffen. Dat blijkt niet het geval te zijn.

MTBE is een stof die wordt toegevoegd aan benzine om de kwaliteit ervan te verbeteren ('antiklop middel'). In Nederland vervoeren binnenvaartschepen ongeveer 600 scheepsladingen MTBE per jaar. Wanneer een schip overgaat op een andere scheepslading, wordt het schip gereinigd en ontgast.

**Kernwoorden:** MTBE, ontgassen binnenvaartschepen, gezondheidseffect, verspreidingsmodel.



## Synopsis

### **Degassing of ships transporting MTBE**

During degassing at inland waterways of vessels transporting MTBE (methyl-tert-butyl ether), some of the MTBE is released to the atmosphere. Degassing occurs when the vessel is sailing, basically outside residential areas. MTBE is known to spread an odour which can cause symptoms such as headaches. People ashore can suffer from the smell, which may already occur at low concentrations. Because of the short duration of exposure, the risk of other direct health effects is expected to be small.

This is shown in study which RIVM carried out in cooperation with TNO. For this, the calculated exposure is compared with the air quality limit values for MTBE. Calculations were consistently based on worst case scenarios. The results show that MTBE exposure limits are rarely exceeded.

The investigation was initiated in response to questions from the Dutch Parliament in 2013 about the (odour) nuisance for people who live on the shore in the Rijnmond region.

The parliament also wanted to know whether the degassing of MTBE ships are the cause of the elevated MTBE concentrations detected in Dutch surface water. This appeared not to be the case.

MTBE is a substance that is added to gasoline in order to improve its quality. In the Netherlands, about 600 cargoes of MTBE per year are transported. When another good is to be shipped, the ship is cleaned and degassed.

Key words: MTBE, degassing vessels, health, air quality modelling





## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding — 11</b>
<b>2</b>	<b>Onderzoeksvraag: Is er aanleiding om de bijgestelde emissiecijfers nog verder bij te stellen naar aanleiding van het onderzoek door Antea? — 13</b>
2.1	Uitgangspunten — 13
2.2	Resultaten — 13
2.3	Conclusie — 13
<b>3</b>	<b>Onderzoeksvraag: Zijn er gezondheidseffecten te verwachten voor omwonenden en werknemers als gevolg van de huidige praktijk van het ontgassen van MBTE-vervoerende schepen? — 15</b>
3.1	Aanpak — 15
3.2	Uitgangspunten — 16
3.3	Resultaten — 20
3.4	Discussie — 23
3.5	Conclusie — 25
<b>4</b>	<b>Onderzoeksvraag: Kan de huidige praktijk van het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen indirect tot een significante belasting van het oppervlaktewater leiden? — 27</b>
4.1	Uitgangspunten — 27
4.2	Conclusies — 28
<b>5</b>	<b>Referenties — 29</b>
	<b>Bijlage I: Stofeigenschappen van MTBE — 31</b>
	Detectiedrempel en herkenningsdrempel — 31
	Classificatie — 31
	Toxicologische grenswaarden — 32
	Toxicologisch profiel — 33
	Referenties — 34
	<b>Bijlage II: Ontgassen van schepen – dispersieberekeningen MTBE — 36</b>
	Inleiding — 36
	Berekening van de bronsterkte — 36
	Gemiddelde bronsterkte — 36
	Vergelijking van emissiefactoren — 36
	Verklaring van verschil in emissiefactoren — 37
	Berekeningen — 37
	Uitgangspunten EFFECTS berekening — 37
	Resultaten EFFECTS berekening — 40
	Uitgangspunten PluimPlus berekening — 41
	Resultaten PluimPlus berekening — 42
	Referenties — 52
	<b>Bijlage III: Concentratiecontouren — 53</b>
	Open flat terrain — 53
	City centre — 55



## Samenvatting

### **Ontgassen van MTBE-vervoerende schepen**

Dit rapport beschrijft het onderzoek naar de mogelijke gezondheidseffecten bij mensen die aan de wal wonen ten gevolge van het ontgassen van binnenvaartschepen die MTBE (methyl-tert-butylether) vervoeren. Daarnaast is de MTBE-belasting van het oppervlaktewater ten gevolge van het ontgassen van binnenvaartschepen onderzocht.

#### *Zijn gezondheidseffecten te verwachten?*

Het berekenen van de verspreiding van MTBE ten gevolge van het ontgassen van binnenvaartschepen is met twee modellen gedaan. Deze modellen zijn geschikt om de MTBE-concentraties op een afstand vanaf 100 meter tot de bron (het schip) te berekenen. Dit maakte het mogelijk om de MTBE-blootstelling van mensen aan de wal te berekenen. De gebruikte verspreidingsmodellen zijn het PluimPlusmodel v4.3 en EFFECTS-model v 9.0.19. Het eerste model berekent voor bestaande locaties de verspreiding, uitgaande van de werkelijk lokale terreincondities en weersomstandigheden. Het tweede model gaat van theoretische situaties uit. Bij het gebruik van beide modellen is uitgegaan van gemiddelde en worst-case situaties.

De MTBE-concentraties waaraan omwonenden blootgesteld kunnen worden zijn vergeleken met de relevante grenswaarde voor MTBE. Voor deze situatie zijn geen wettelijke grenswaarden vastgesteld. In Nederland is door het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid voor de arbeider (niet noodzakelijkerwijs scheeps-gerelateerd) wel een grenswaarde vastgesteld voor (kortdurende) piekblootstelling aan MTBE (360 mg/m<sup>3</sup>). Aan deze waarde kunnen arbeiders 15 minuten per dag gedurende een arbeidsleven blootstaan zonder dat de gezondheid van de arbeider en hun nageslacht wordt benadeeld. Deze waarde is in dit geval gebruikt, omdat het de situatie van de blootstelling van omwonenden bij een langsvarend, ontgassend binnenvaartschip het best benadert.

De resultaten van het onderzoek laten zien dat er, uitgaande van realistische weerscondities en omgevingsruwheden, geen overschrijding te verwachten is van de grenswaarde voor MTBE die voor deze situatie relevant is bevonden. Een geringe overschrijding van de grenswaarde wordt alleen berekend met het model dat uitgaat van theoretische omstandigheden onder worst-case condities. Op basis van de geringe overschrijding van hooguit een factor 2 onder de gekozen worst-case condities en bij korte blootstellingsduur, wordt de kans klein geacht dat er bij omwonenden directe nadelige gezondheidseffecten zullen optreden ten gevolge van het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen. Ten gevolge van de lage geurdrempel van MTBE, is het echter waarschijnlijk (en verklaarbaar) dat er geurhinder optreedt ten gevolge van ontgassen. De vraag of deze geurhinder indirecte gezondheidseffecten kan of zal veroorzaken, is in dit project niet onderzocht.

*Belasting van oppervlaktewater*

Wat betreft de belasting van het oppervlaktewater ten gevolge van het ontgassen van binnenvaartschepen die MTBE vervoeren, kan geconcludeerd worden dat het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen niet verantwoordelijk kan zijn voor de verhoogde MTBE-concentraties in Nederlandse oppervlaktewateren.

## 1 Inleiding

Sinds 1 januari is er een verbod op varend ontgassen van kracht in Zuid-Holland en Noord-Brabant. Deze provincies hebben tevens het voornemen om het varend ontgassen van benzeenhoudende producten (10% benzeen of meer) per 1 januari 2016 aan banden te leggen ([Website rijksoverheid](#)). Andere stoffen dan benzeen mogen tijdens de vaart of op door de bevoegde autoriteit goedgekeurde plaatsen met behulp van geschikte ventilatie-inrichtingen worden ontgast ([ADN, 2013](#)).

Naar aanleiding van kamervragen van de leden Van Gerven en Van Tongeren over ontgassen door de binnenvaart (13 september 2013) is het RIVM gevraagd een aantal onderzoeksvragen te beantwoorden. Het betreft een drietal vragen met betrekking tot even zovele aspecten:

1. Is er aanleiding om de bijgestelde emissiecijfers nog verder bij te stellen naar aanleiding van het onderzoek dat in 2013 door Antea ([Antea, 2013](#)) is uitgevoerd naar de emissie van MTBE bij het ontgassen? (zie Bijlage 2: "gemiddelde bronsterkte" en "verklaring van emissiefactoren")
2. Zijn er gezondheidseffecten te verwachten voor omwonenden en werknemers als gevolg van de huidige praktijk van het ontgassen van MBTE-vervoerende schepen?
3. Kan de huidige praktijk van het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen indirect tot een significante belasting van het oppervlaktewater leiden?

In dit onderzoek zijn eventuele risico's van brand- en explosiegevaar van MTBE niet onderzocht. Evenmin is gekeken naar de mogelijkheden om de emissie van MTBE te beperken of te mitigeren.



## 2 Onderzoeksvraag: Is er aanleiding om de bijgestelde emissiecijfers nog verder bij te stellen naar aanleiding van het onderzoek door Antea?

### 2.1 Uitgangspunten

De afgeleide emissiefactor van MTBE (dit is de verhouding van de uitstoot tot de hoeveelheid die is ontladen) die CE Delft en de landelijke Emissieregistratie hanteert is vergeleken met de uitkomst van 1 meting van Antea (zie Bijlage 2: "gemiddelde bronsterkte" en "verklaring van emissiefactoren"). Volgens CE Delft is in Nederland in 2011 ongeveer 800.000 ton MTBE verscheept met binnenvaartschepen. Hiervan is ongeveer 600.000 ton ontladen in Nederland. De totale emissie van MTBE is 360 ton/jaar (CE, 2013). De afgeleide emissiefactor waar CE op uitkomt is derhalve  $(360/600.000) = 0,06\%$ . In het risk-assessment rapport (RAR) van het European Chemicals Bureau wordt voor de overslag van puur MBTE met tankers een emissiefactor van 0,049 % m/m toegepast (European Chemicals Bureau, 2002).

### 2.2 Resultaten

Het resultaat van 1 meting van Antea komt uit op een afgeleide emissiefactor van 0,03% m/m. Aangezien er slechts sprake is geweest van 1 meting geeft dit geen aanleiding om de landelijke emissiecijfers bij te stellen. Het feit dat de meting van Antea heeft plaatsgevonden op een relatief koud tijdstip kan een mogelijke verklaring zijn van de relatief lagere uitkomst van het Antea-onderzoek (zie Bijlage 2).

In dit onderzoek is uitgegaan van de afgeleide emissiefactor volgens CE Delft en de landelijke Emissieregistratie.

### 2.3 Conclusie

Het resultaat van de metingen geeft geen aanleiding om de landelijke emissiecijfers te herzien.





### 3 Onderzoeksvraag: Zijn er gezondheidseffecten te verwachten voor omwonenden en werknemers als gevolg van de huidige praktijk van het ontgassen van MBTE-vervoerende schepen?

#### 3.1 Aanpak

Dit onderzoek is een eerste inventarisatie of het ontgassen van MTBE-vervoerende binnenvaartschepen negatieve gezondheidseffecten kan veroorzaken bij mensen die aan de wal wonen (verder omwonenden genoemd) en bij mensen die op het schip werken (verder scheepswerkers genoemd). Daartoe heeft TNO MTBE concentraties als gevolg van de huidige praktijk van het ontgassen van MBTE-vervoerende schepen op de oever langs een druk bevaren vaarweg berekend. In Bijlage 2 van het rapport zijn de dispersieberekeningen van MTBE zoals uitgevoerd door TNO beschreven. Daarin zijn ook de uitgangspunten en aannames toegelicht.

RIVM heeft vervolgens beoordeeld of er op basis van de berekende concentraties gezondheidseffecten te verwachten zijn. Dit is gedaan door de berekende concentraties te vergelijken met beschikbare grenswaarden voor gezondheidseffecten. Deze grenswaarden zijn gebaseerd op effecten die zijn waargenomen in proefdieren en geëxtrapoleerd naar de mens. In Bijlage 1 zijn de grenswaarden van MTBE beschreven en hun betekenis toegelicht. Daarnaast zijn in deze bijlage de eigenschappen van de stof MTBE opgenomen.

Naast een vergelijking met de grenswaarden van MTBE, zijn berekende concentraties vergeleken met de geurdrempel van MTBE. Uit deze vergelijking is op te maken of er geurhinder ten gevolge van MTBE-ontgassen van binnenvaartschepen te verwachten is.

De gekozen aanpak was geschikt om een eerste risico-inventarisatie te doen voor omwonenden op basis van de vergelijking met de grenswaarden voor deze stof. Deze analyse was echter niet gericht op gezondheidseffecten die het gevolg kunnen zijn van mogelijke geurhinder van deze stof. Het bestuderen van deze verschijnselen is complex en lag buiten de reikwijdte van dit onderzoek. Daarnaast was het niet mogelijk om de risico's voor scheepswerkers (in aanvulling op die voor omwonenden) te berekenen, omdat de gehanteerde modellen niet geschikt zijn om nauwkeurige berekeningen te doen van de concentratie op kleine afstand van de bron. Hiervoor zijn geavanceerde dispersiemodellen nodig (bijvoorbeeld CFD (computational fluid dynamics)). Dit viel buiten het bereik van dit project omdat dit onderzoek gericht was op een eerste inventarisatie van de mogelijke gezondheidsrisico's met gebruikmaking van eenvoudig toe te passen modellen.

## 3.2 Uitgangspunten

### Modellen

De verspreiding van MTBE ten gevolge van de huidige praktijk van het ontgassen van MBTE-vervoerende schepen in de omgeving is door TNO met twee modellen berekend.

- 1) PluimPlus, v4.3 (Neutraalgasmodel). PluimPlus is de TNO implementatie van het Nieuwe Nationaal Model [TNO, 1998]. Dit model is ontwikkeld om de verspreiding te modelleren van een stilstaande puntbron. De rekenmethode is conform SRM3 (standaard rekenmethode 3) zoals vastgelegd in de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007 (Rbl). Dit model beschouwt jaargemiddelde atmosferische omstandigheden en omgevingscondities voor een specifieke locatie (bijvoorbeeld alle atmosferische omstandigheden die in een jaar voorkomen in de omgeving van Nijmegen). Het model gaat uit van 'neutraal gas', wat betekent dat eventuele dichtheidsverschillen tussen het gas en de omringende atmosfeer niet meegenomen worden.
- 2) EFFECTS v 9.0.19 (Zwaargasmodel). EFFECs is een rekenpakket dat gebruikt wordt voor het uitvoeren van veiligheidsstudies voor de chemische industrie. Hierbij gaat het om het bepalen van de effecten van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen bij een incident. Deze incidenten worden gekenmerkt door de kortstondige uitstoot (seconden tot minuten) van een grote hoeveelheid gevaarlijke stof van een stilstaande puntbron. Dit model beschouwt specifieke atmosferische omstandigheden en gemiddelde omgevingscondities (bijvoorbeeld een zeer stabiele atmosfeer met weinig wind en een landelijke omgeving). Het model is een Zwaargasmodel, wat betekent dat rekening gehouden wordt met de dichtheid van de gaswolk. Als de gaswolk zwaarder is dan de omringende atmosfeer zal de zwaartekracht een rol spelen bij de verspreiding van de wolk. Dit effect speelt op grotere afstand van de bron, zodra de wolk verdund is, geen rol meer. De details over deze modellen en de gebruikte aannames en uitgangspunten zijn beschreven in Bijlage 2.

### Gemiddelde bronsterkte en emissieduur

De bron is in dit geval een ontgassend binnenvaartschip. Om de gemiddelde bronsterkte van een enkel ontgassend schip te berekenen, is de totale emissie van MTBE in ton per jaar gedeeld door het aantal scheepsladingen van MTBE per jaar. De totale emissie van MTBE is 360 ton/jaar [CE, 2013] en die wordt geëmitteerd als het gevolg van het transport van 600 scheepsbeladingen per jaar [CE, 2013]. Dit geeft dus een berekende, gemiddelde emissie van 600 kg MTBE per ontgassend schip. Doorgaans kost het ontgassen van een schip 5 uur tijd, wat resulteert in een gemiddelde bronsterkte van 120 kg/uur (zie voor details Bijlage 2).

Het ontgassen van een binnenvaartschip gebeurt (doorgaans) varend (ADN, 2013). Het gaat hier dus om een bewegende bron. Dit betekent dat omwonenden of mensen op de wal niet de volle ontgassingstijd van een schip worden blootgesteld. In een eerdere studie (TNO, 2007) zijn pluimen van passerende schepen gemeten. Uit deze metingen volgt dat

een passerend schip een punt aan de wal gedurende 1 à 2 minuten belast. Dit komt overeen met de schatting die gebaseerd kan worden op de vaarsnelheid van een schip. De maximumsnelheid van een binnenvaartschip in de bebouwde kom van Rotterdam is 13 km per uur (Website, Portofrotterdam). Met deze snelheid legt een (mogelijk ontgassend) schip binnen een tijdspanne van 2 minuten 400 meter af. Een schip is dus binnen twee minuten ruimschoots voorbij.

Het PluimPlusmodel en het EFFECTS-model gaan niet uit van bewegende bronnen, maar van stilstaande. Om die reden is bij het gebruik van de modellen uitgegaan van een bron die slechts beperkte tijd MTBE uitstoot. Als worst-case is gerekend met een emissieduur van 5 minuten. In die tijd legt een schip met een snelheid van 13 km/uur een afstand af van ruim een kilometer. Met het PluimPlusmodel zijn aanvullend ook berekeningen gedaan met een continue uitstroom van MTBE. Dit simuleert de situatie dat het schip stil ligt of een zeer beperkte snelheid heeft.

Er worden 600 MTBE-scheepsloadingen per jaar ontgast. Dit getal is een maximum omdat ontgassen uitsluitend gebeurt wanneer er een ander type scheepsloading vervoerd gaat worden. Per dag worden er daarom in Nederland gemiddeld 2 schepen ontgast die MTBE vervoeren. De blootstelling die hier het gevolg van is, zal derhalve incidenteel plaatvinden. In dit onderzoek gaan we om die reden uit van een incidentele blootstelling.

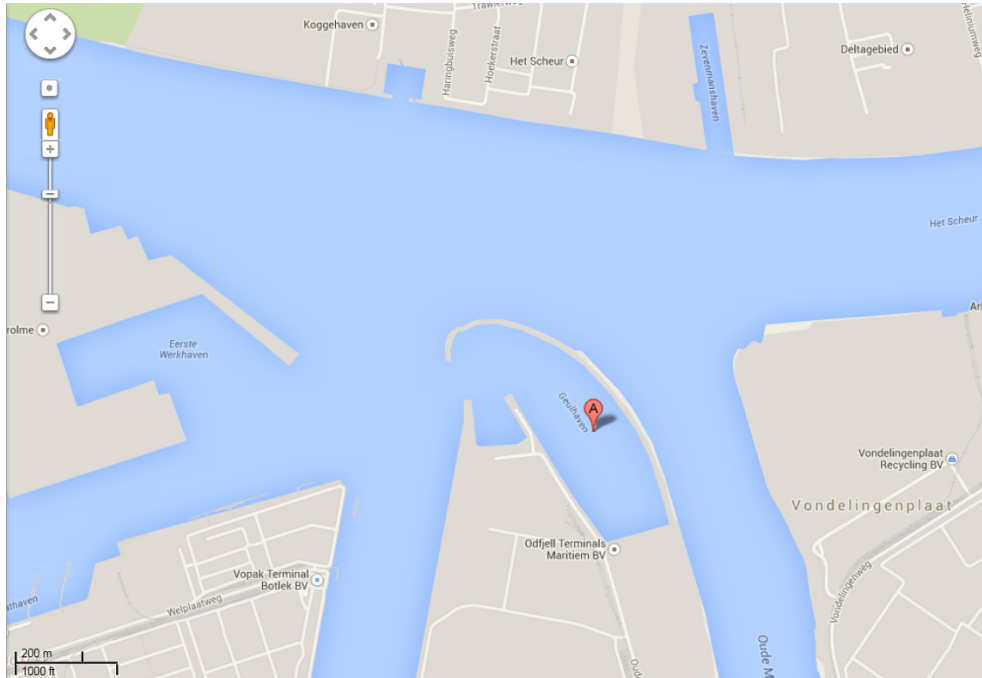
### **Gekozen locaties en afstanden tot de bron**

In onderstaande sectie is beschreven hoe de gekozen locaties tot stand zijn gekomen en de keuze van de afstanden tot de bron (het schip).

Het **PluimPlusmodel** berekent niet op hypothetische locaties, maar op bestaande plekken in Nederland, met de voor die locaties specifieke meteo en terreinruwheid. Er zijn twee druk bevaren locaties gekozen om de berekeningen uit te voeren: de Waal nabij Nijmegen en de Geulhaven in het Rijnmond gebied. Figuur 3.1 is een Google-maps weergave van de Waal die door Nijmegen loopt en figuur 3.2 geeft de Geulhaven in het Botlekgebied weer. In Nijmegen grenst de Waal op sommige punten direct aan woongebied. De breedte van de Waal is op die locatie ruim 300 meter (schatting op basis van figuur 3.1). We zijn er bij de berekeningen van uitgegaan dat het schip niet midden op het kanaal vaart, maar ook niet direct aan de wal. Om die reden is gekozen om als afstand van de bron 100 meter aan te houden. Daarnaast zijn berekeningen op 150 en 200 meter gedaan om een indruk te krijgen van de blootstelling van de bevolking die niet direct aan de vaart woont. Figuur 2 laat zien dat de afstand tussen de Geulhaven en het door bevolking bewoonde gebied groter is dan 200 meter. Om de vergelijking met Nijmegen mogelijk te maken zijn ook de gegevens op afstanden van 100, 150 en 200 meter gegeven.



*Figuur 3.1 Google-maps weergave van de waal langs de bebouwde kom van Nijmegen*



*Figuur 3.2 Google-maps weergave van de Geulhaven in het Botlekgebied in Rotterdam*

Het **EFFECTS-model** berekent de verspreiding voor theoretische situaties onder specifieke atmosferische omstandigheden en gemiddelde omgevingscondities. Met dit model zijn de concentraties op 100, 150, 200 en 1000 meter berekend.

### **Grenswaarden voor MTBE**

De verspreidingsgegevens die berekend zijn met de TNO emissiemodellen zijn vergeleken met de grenswaarden die beschikbaar zijn voor MTBE. Voor dit onderzoek hebben we gezocht naar grenswaarden die bruikbaar zijn voor een incidentele blootstelling van de algemene bevolking.

Voor de algemene bevolking zijn in Nederland voor MTBE geen wettelijke grenswaarden beschikbaar. Het RIVM en de US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency) hebben wel niet-wettelijke grenzen voor de algemene bevolking afgeleid: 2,6 respectievelijk 3 mg/m<sup>3</sup> (zie voor details Bijlage 1). Deze grenzen zijn geldig voor een levenslange blootstelling aan MTBE. In het geval van blootstelling ten gevolge van het ontgassen van binnenvaartschepen gaat om incidentele piekblootstelling. Om die reden zijn de grenzen afgeleid door het RIVM en de US-EPA niet geschikt om een uitspraak te doen over de veiligheid van incidentele piekblootstelling aan MTBE ten gevolge van ontgassen van binnenvaartschepen.

Voor de arbeider (niet scheeps-gerelateerd) heeft men in Nederland twee wettelijke grenswaarden voor MTBE:

- 1) De 8-uurstijdgewogen grenswaarde van 180 mg/m<sup>3</sup>. Deze waarde is geldig voor een blootstelling van 8 uur per dag, gedurende een arbeidsleven
- 2) De 15-minutentijdgewogen waarde van 360 mg/m<sup>3</sup>. Deze waarde is geldig voor piekblootstellingen van 15 min per dag, gedurende een arbeidsleven.

Bij deze grenswaarden is het uitgangspunt dat – voor zover de huidige kennis reikt – de gezondheid van de werknemers en hun nageslacht niet wordt benadeeld zolang de blootstelling onder de weergeven waarde blijft gedurende de tijdsduur waarvoor ze geldig zijn (zie SER-website).

In het geval van een langsvarend, ontgassend schip gaat het om een incidentele, kortstondige emissie van ongeveer 5 minuten. De 15-minutentijdgewogen waarde van 360 mg/m<sup>3</sup> voor de werker wordt gezien als relevante grenswaarde om te gebruiken voor deze situatie, omdat de blootstellingsduur en frequentie het best overeenkomt met de blootstellingsduur en frequentie waar omwonenden mee te maken hebben ten gevolge van een ontgassend binnenvaartschip.

De VRW (Voorlichtingsrichtwaarde), AGW (Alarmeringswaarde), en LBW (Levensbedreigende waarde) zijn niet in de vergelijking meegenomen. Details over deze waarden zijn te vinden in "Interventiewaarden gevaarlijke stoffen, 2007". De reden dat deze waarden niet zijn gebruikt is dat ze geldig zijn voor een eenmalige, kortstondige blootstelling (Interventiewaarden gevaarlijke stoffen, 2007). Echter, in de praktijk is herhaalde blootstelling van mensen aan MTBE ten gevolge van ontgassen van binnenvaartschepen niet uit te sluiten.

### **Geurdrempel voor MTBE**

Om inzicht te krijgen in de vraag of er geurhinder te verwachten is ten gevolge van de huidige praktijk van het ontgassen van binnenvaartschepen die MTBE vervoeren, zijn de concentraties vergeleken met de geurdrempel van MTBE. De MTBE-geurdrempel is de minimale concentratie waarbij de geur van MTBE herkend wordt. Deze ligt op 0,3 mg/m<sup>3</sup>. De detectiedrempel (de minimale concentratie waarbij MTBE wordt waargenomen) ligt op 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

## **3.3 Resultaten**

De resultaten van de emissieberekeningen zijn hieronder per model beschreven. Daarbij zijn de berekende MTBE-concentraties vergeleken met de meest geschikte MTBE-grenswaarde, de 15-minutentijdsgewogen waarde voor de werker van 360 mg/m<sup>3</sup> en de geurdrempel van 0,3 mg/m<sup>3</sup>.

### **Neutraal gasmodel (PluimPlus model)**

#### *Gemodelleerde situatie*

Op 32 punten rondom de bron, op 100, 150 en 200 meter afstand, zijn de te verwachten concentraties berekend gedurende 10 jaar aan terrein specifieke weersomstandigheden in Nijmegen en de Geulhaven. Er is in eerste instantie gerekend alsof de emissie continue is, d.w.z. dat de bron gedurende de volle 10 jaar MTBE uitstoot. Vervolgens zijn de berekeningen verfijnd door uit te gaan van een emissieduur van 5 minuten.

#### *Berekende luchtconcentraties*

In tabel 3.1 is voor 10-jaars weercondities in Nijmegen en de Geulhaven het 99,9 en het 99 percentiel gegeven van de blootstelling op een afstand van 100, 150 en 200 meter van de bron. Het 99,9 percentiel komt overeen met 2 dagen op 10 jaar; het 99 percentiel met 5 weken op 10 jaar. Er is hier gerekend met de bron die gedurende 10 jaar emitteert.

De gegevens in tabel 3.1 laten zien dat in Nijmegen op 100 meter van de continu emitterende bron gedurende maximaal 2 weken in de 10 jaar de blootstelling de waarde van 58 mg/m<sup>3</sup> overschrijdt. Gedurende de rest van de 10 jaar is de blootstelling lager dan 58 mg/m<sup>3</sup>. Voor de Geulhaven geldt dat de waarde van 80 mg/m<sup>3</sup> op 100 meter van de continu emitterende bron gedurende maximaal 2 weken wordt overschreden. Op grotere afstanden tot de bron (150 en 200 meter) ligt de waarde die overschreden wordt lager.

Tabel 3.1 MTBE concentraties bij continu emitterende bron

Periode		Luchtconcentratie (mg/m <sup>3</sup> )		
Nijmegen	Afstand tot de bron	100 m	150 m	200 m
	99,9 percentiel (2 dagen)	58	32	21
	99 percentiel (5 weken)	26	14	9
Geulhaven	Afstand tot de bron	100 m	150 m	200 m
	99,9 percentiel (2 dagen)	80	45	30
	99 percentiel (5 weken)	33	17	11

In tabel 3.2 zijn voor 10-jaars weercondities de maximaal berekende luchtconcentraties in Nijmegen en de Geulhaven op 100, 150 en 200 meter weergegeven. Op 100 meter van een continu emitterende bron zijn de maximale concentraties in Nijmegen en de Geulhaven 135 respectievelijk 197 mg/m<sup>3</sup>. Op grotere afstanden zijn deze maximale concentraties lager.

Tabel 3.2 Maximale MTBE concentraties bij continu emitterende bron

Periode		Luchtconcentratie (mg/m <sup>3</sup> )		
Nijmegen	Afstand tot de bron	100 m	150 m	200 m
	Maximaal	135	77	51
Geulhaven	Afstand tot de bron	100 m	150 m	200 m
	Maximaal	197	118	80

De berekende MTBE concentraties die gegeven zijn in tabel 3.1 en 3.2 zijn verkregen bij een continu emitterende bron. In tabel 3.3 zijn de MTBE concentraties berekend uitgaande van een bron die 5 minuten emitteert. De maximale 15-minuten gemiddelde waarden die in dat geval voor 10-jaars weercondities zijn berekend zijn 19 en 27 mg/m<sup>3</sup> voor Nijmegen respectievelijk de Geulhaven op 100 meter afstand van de bron. Deze waarde treedt dus hooguit 15 minuten op 10 jaar op; de overige tijd ligt de concentratie lager. De 1-uursgemiddelde waarde ligt (uiteraard) lager, zowel in Nijmegen als in de Geulhaven.

Tabel 3.3 MTBE concentraties bij emissieduur van 5 minuten op 100 m van de bron

Periode	Luchtconcentratie (mg/m <sup>3</sup> )	
	Nijmegen	Geulhaven
15 minuten	19	27
1 uur	5	7

#### Vergelijking met de grenswaarde van MTBE

Tabellen 3.1 en 3.2 laten zien dat de 15-minutentijdgewogen grenswaarde van 360 mg/m<sup>3</sup> voor de werker nooit overschreden wordt, ook niet als uitgegaan wordt van een continu emitterende bron.

Wanneer uitgegaan wordt van een bron die slechts 5 minuten emitteert, ligt de maximale 15-minuten gemiddelde waarde op 100 meter van de bron op minder dan 10% van de 15-minutentijdgewogen grenswaarde.

#### *Vergelijking met de geurdrempel van MTBE*

De resultaten laten zien dat de geurdrempel van MTBE van 0,3 mg/m<sup>3</sup> op 200 meter van de bron nog met grote factoren wordt overschreden. Ook uitgaande van een emissieduur van 5 minuten is dit het geval.

### **EFFECTS-model**

#### *Gemodelleerde situatie*

Met het EFFECTS-model zijn de MTBE-concentraties berekend op 100, 150, 200 en 1000 m van een bron die gedurende 5 minuten emitteert. Dit is berekend voor twee typen terreinen en twee atmosfeertypen. De terreintypen zijn open-vlak terrein en stadcentrum. De atmosfeertypen zijn:

- 1) een neutrale atmosfeer en een windsnelheid van 5 m/s. Dit komt zowel overdag als 's nachts voor en is representatief voor de dag
- 2) een zeer stabiele atmosfeer met een windsnelheid van 1.5 m/s als worst-case. Deze atmosfeer is representatief voor de nacht.

#### *Berekende luchtconcentraties*

In tabel 3.4 zijn de berekende MTBE concentraties op diverse afstanden tot de bron voor twee terreinklassen en twee weersklassen weergegeven. De resultaten laten zien dat de concentraties op een vaste afstand sterk afhangen van zowel het type terrein als van de weerklasse. De hoogste waarden worden berekend voor de zeer stabiele atmosfeer (F1,5) en een open-vlak terrein. Op 100, 150 en 200 meter zijn voor deze condities concentraties berekend van 725, 475 respectievelijk 360 mg/m<sup>3</sup>. Voor alle andere condities zijn concentraties onder de 300 mg/m<sup>3</sup> berekend.

*Tabel 3.4 MTBE concentraties in mg/m<sup>3</sup>*

<b>Weersklasse</b>	<b>Open-vlak terrein</b>		<b>Stadscentrum</b>	
	<b>D5</b>	<b>F1,5</b>	<b>D5</b>	<b>F1,5</b>
<b>Afstand tot de bron</b>				
100 m	123	725	22	280
150 m	65	475	30	185
200 m	40	360	20	130
1000 m	2	25	1	9

D5: neutrale atmosfeer en een windsnelheid van 5 m/s (representatief voor de dag)

F1,5: een zeer stabiele atmosfeer met een windsnelheid van 1,5 m/s (representatief voor de nacht)

#### *Vergelijking met de grenswaarde van MTBE*

De berekeningen in tabel 3.4 laat zien dat overschrijding van de 15-minutentijdgewogen grenswaarde van 360 mg/m<sup>3</sup> voor de werker kan optreden bij een zeer stabiele atmosfeer (F1,5) en bij een open-vlak terrein binnen 200 m van de bron. Voor alle andere condities werd geen overschrijding van de grenswaarde berekend.



### *Vergelijking met de grenswaarde van MTBE*

De geurdrempel van MTBE van 0,3 mg/m<sup>3</sup> werd op 1000 meter van de bron met een factor 3 tot 100 overschreden, afhankelijk van de weersklasse en het type terrein. Op kleinere afstanden tot de bron was de overschrijding nog veel groter.

## **3.4 Discussie**

Dit onderzoek is geïnitieerd om een eerste inschatting te geven over mogelijke gezondheidseffecten bij omwonenden en scheepswerkers ten gevolge van de huidige praktijk van het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen. Dit is gedaan door de MTBE-verspreiding te berekenen met bestaande modellen en deze te vergelijken met bestaande grenswaarden. De gebruikte emissiemodellen zijn het Pluimplusmodel en het EFFECTS-model. Het eerste is meer gericht op het berekenen van verspreiding van continue emissies (e.g. schoorstenen). Hierbij worden in de praktijk voorkomende ruwheden van het landschap en weerscondities meegenomen. Het EFFECTS-model is meer gericht op het bepalen van de verspreiding na het vrijkomen van stoffen bij een incident.

Voor de scheepswerker was het niet mogelijk om de risico's op het schip te berekenen, omdat de gehanteerde modellen niet geschikt zijn om nauwkeurige inschattingen te geven van de concentratie op kleine afstand van de bron. Hiervoor zijn geavanceerde dispersiemodellen nodig (bijvoorbeeld CFD (computational fluid dynamics)). Dit was buiten de reikwijdte van dit project omdat dit onderzoek ging om een eerste inventarisatie met gebruikmaking van eenvoudig toe te passen modellen. Evenmin is er in dit onderzoek gekeken naar de effecten van de gecombineerde blootstelling aan verschillende stoffen.

Het gebruik van modellen en grenswaarden vraagt om een aantal aannames. Hieronder zijn de belangrijkste aannames besproken.

### **Aannames modellen**

Zowel voor de berekeningen met het PluimPlusmodel als met het EFFECTS-model is uitgegaan van een emissiesterkte van 120 kg/uur. Deze waarde is gebaseerd op de afgeleide emissiefactor waar CE op uitkomt. Deze emissiesterkte is gestaafd aan een meting die Antea heeft uitgevoerd. De meting gaf geen aanleiding om de emissiesterkte bij te stellen en lijkt daarmee als emissiesterkte een goed uitgangspunt.

In de regel wordt varende ontgast (zie hoofdstuk 3.3). Dit betekent dat we voor de mens aan de wal niet uit hoeven te gaan van een continue bron; de bron vaart immers langs. Uit metingen die door TNO zijn uitgevoerd blijkt dat een passerend schip een punt aan de wal gedurende 1 à 2 minuten belast. Op basis hiervan is aangenomen dat een emissieduur van 5 minuten een worst-case is voor het berekenen van de belasting ten gevolge van een langsvarende, ontgassende schip.

Voor zowel het Pluimplusmodel als het EFFECTS-model zijn de verspreidingsberekeningen op 100, 150 en 200 meter van de bron gedaan. Voor het EFFECTS-model ook op 1000 m. Een Google-maps overzicht van Nijmegen laat zien dat een afstand van 100 meter tussen

een ontgassend schip en de bebouwde kom kan voorkomen. Echter, op veel locaties, bijvoorbeeld in de Geulhaven, is de afstand tussen een mogelijk ontgassend schip en een omwonenden veel groter en kan deze afstand gezien worden als worst-case.

De berekeningen zijn gedaan voor een enkel langsvarend schip. De mogelijkheid bestaat dat er diverse schepen langsvaren die MTBE, of andere stoffen, ontgassen. Hierdoor kan additieve blootstelling optreden. Dit is niet meegenomen in de hier gepresenteerde berekeningen. Echter, de kans dat er twee MTBE-vervoerende schepen op het zelfde moment op dezelfde locatie ontgassen is zeer klein, gezien het feit dat slechts 600 scheepsladingen MTBE per jaar worden vervoerd. Ontgassing vindt plaats wanneer er overgestapt wordt op een andere scheepslading. Er zullen dus gemiddeld maximaal slechts 2 schepen per dag in Nederland MTBE ontgassen.

Samenvattend kan gesteld worden dat een groot deel van de gekozen uitgangspunten bij het uitvoeren van de emissieberekeningen een worst-case situatie vertegenwoordigen.

### **Relevante grenswaarde**

Voor de risico-inventarisatie op basis van MTBE-grenswaarden, heeft het RIVM gezien welke grenswaarde relevant is voor de blootstellingssituatie die zich voordoet ten gevolge van het ontgassen van binnenvaartschepen. Het gaat hier om incidentele piekblootstelling van de algemene bevolking. Voor deze situatie zijn geen wettelijke grenswaarden afgeleid. In Nederland is voor MTBE voor arbeider (niet noodzakelijkerwijs scheeps-gerelateerd) wel een grenswaarde berekend voor (kortdurende) piekblootstelling ( $360 \text{ mg/m}^3$ ). Deze waarde is in dit geval gebruikt, omdat het de situatie van de blootstelling van omwonenden bij een langsvarend, ontgassend binnenvaartschip het best benadert. Echter, deze waarde is voor werkers afgeleid; niet voor de algemene bevolking. De algemene bevolking is mogelijk gevoeliger voor de nadelige gezondheidseffecten van MTBE dan de werker vanwege de aanwezigheid van ouderen en jongeren in de algemene populatie. Het is niet mogelijk dit verschil in gevoeligheid te kwantificeren omdat de gegevens die hiervoor nodig zijn niet beschikbaar zijn. Onder de REACH-regelgeving wordt uitgegaan van een factor 2 in gevoeligheid (ECHA Guidance, Hoofdstuk 8).

De VRW (Voorlichtingsrichtwaarde), AGW (Alarmeringswaarde), en LBW (Levensbedreigende waarde) zijn niet in de vergelijking meegenomen. De reden hiervan is dat deze waarden geldig zijn voor een eenmalige blootstelling (Interventiewaarden gevaarlijke stoffen, 2007).

### **Vergelijking emissiewaarden met de grenswaarde**

De emissieberekeningen die verkregen zijn met het PluimPlusmodel en het EFFECTS-model zijn vergeleken met de grenswaarde voor piekblootstelling voor de werker van  $360 \text{ mg/m}^3$ . Deze grenswaarde wordt in het EFFECTS-model uitsluitend overschreden wanneer wordt uitgegaan van een worst-case situatie, te weten een zeer stabiele atmosfeer bij een open-vlak terrein. De overschrijding die in dat geval optreedt is maximaal een factor 2 (i.e.  $725 \text{ mg/m}^3$ ) en treedt op een afstand van 100 meter van de bron op.

Het feit dat een grenswaarde wordt overschreden, houdt niet automatisch in dat er toxicologisch relevante effecten bij de mens optreden. Bij de rat werden er effecten gezien bij een herhaalde blootstelling aan een MTBE-concentratie van 10800 mg/m<sup>3</sup>. Deze blootstelling is 15 keer zo hoog als de berekende overschrijding van 725 mg/m<sup>3</sup>. Verder is de blootstelling in het dierexperiment gedurende 28 dagen voor diverse uren per dag (SCOEL MTBE, 2006), terwijl de omwonenden slechts enkele minuten worden blootgesteld.

Bij de mens werden na een 3 uur durende blootstelling aan 270 mg/m<sup>3</sup> MTBE uitsluitend lichte symptomen (zwaar hoofd en milde irritatie van het slijmvlies) waargenomen (SCOEL MTBE, 2006). Bij een blootstelling aan 180 mg/m<sup>3</sup> MTBE werd geen irritatie waargenomen en traden er geen effecten op het centraal zenuwstelsel op (zie Bijlage 1).

Gezien de korte blootstellingsduur, wordt de kans klein geacht dat MTBE bij de berekende piekblootstelling van 725 mg/m<sup>3</sup> directe nadelige gezondheidseffecten veroorzaakt bij omwonenden.

In tegenstelling tot de berekeningen uitgevoerd met het EFFECTS-model, worden met het PluimPlusmodel uitsluitend emissiewaarden berekend die onder de grenswaarde voor piekblootstelling van de werker. In het PluimPlusmodel is gerekend met realistische atmosferische omstandigheden en terreinruwheden voor specifieke locaties (Nijmegen en de Geulhaven). In dat opzicht is het PluimPlusmodel voor die locaties meer waarheidsgetrouw dan het EFFECTS-model.

### **Vergelijking emissiewaarden met de geurdrempel**

Naast een vergelijking van de emissiegetallen met grenswaarden zijn de emissiegetallen vergeleken met de geur herkenningsdrempel van MTBE. De berekeningen verkregen met zowel het EFFECTS-model als het PluimPlusmodel laten zien dat de geurdrempel van MTBE tot op grote afstand van de bron overschreden kan worden. De geurdrempel (van 0,3 mg/m<sup>3</sup>) ligt een factor 1000 lager dan de grenswaarde voor piekblootstelling voor de werker (360 mg/m<sup>3</sup>). Mensen ruiken MTBE dus al bij zeer lage concentraties, terwijl grenswaarden voor MTBE veel hoger liggen. Eventuele gezondheidseffecten die het gevolg zijn van geurhinder, kunnen derhalve niet uitgesloten worden. Echter, het bestuderen van deze effecten is complex en lag buiten de reikwijdte van dit project.

## **3.5 Conclusie**

De resultaten van het onderzoek laten zien dat er, uitgaande van realistische weerscondities en omgevingsruwheden, geen overschrijding te verwachten is van de grenswaarde voor MTBE die voor deze situatie relevant is bevonden. Een geringe overschrijding van de grenswaarde wordt alleen berekend met een model dat uitgaat van theoretische omstandigheden onder worst-case condities. In dit geval zijn de overschrijdingen ten hoogste een factor 2. Op basis van de geringe overschrijding, de gekozen worst-case condities en de korte blootstellingsduur, wordt de kans klein geacht dat er bij omwonenden directe nadelige gezondheidseffecten zullen optreden ten gevolge van het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen. Ten gevolge van de lage geurdrempel van MTBE, is het echter waarschijnlijk (en verklaarbaar) dat er geurhinder optreedt ten gevolge van ontgassen. De vraag of deze

geurhinder indirecte gezondheidseffecten kan of zal veroorzaken, is in dit project niet onderzocht. Om die reden is het niet mogelijk om een uitspraak te doen of deze indirecte gezondheidseffecten ten gevolge van geurhinder zullen optreden.

## 4 Onderzoeksvraag: Kan de huidige praktijk van het ontgassen van MTBE-vervoerende schepen indirect tot een significante belasting van het oppervlaktewater leiden?

### 4.1 Uitgangspunten

Uit het onderzoek "Voorkomen van MTBE in het Nederlandse oppervlaktewater" van VEWIN in 2005 blijkt dat de mediane concentraties van MBTE in de rivieren Rijn en Maas significant zijn (0,2-0,4 µg/L) en een stijgende trend vertonen. Pieken van enkele tientallen µg/L kunnen regelmatig worden aangetoond. Hieruit blijkt dat er zowel een structurele belasting als een incidentele belasting van het oppervlaktewater met MTBE plaatsvindt. De vraag die hierbij gesteld kan worden is of de huidige praktijk van het ontgassen van binnenvaartschepen hierin een rol in speelt of dat gezocht moet worden naar andere vormen van belasting van het oppervlaktewater met deze stof.

Bij de berekeningen van de depositie naar water is gebruik gemaakt van de uitkomsten van de PluimPlus berekening in afgeronde waarden.

Het doel is om een ruwe schatting te verkrijgen van de depositie naar water in de meest extreem ongunstige omstandigheden. Uit tabel 4 van Bijlage 2 blijkt dat de concentratie die in één uur (eens per 10 jaar) op ongeveer 100 meter afstand kan voorkomen 135 mg/m<sup>3</sup> is. Uit tabel 13 van dezelfde bijlage blijkt dat de concentratie op 1000 meter afstand gemiddeld ongeveer 35 keer lager is dan op 100 meter afstand. Dit resulteert in een maximale geschatte concentratie van  $135/35 = 4$  mg/m<sup>3</sup> op 1000 meter afstand. Aangenomen wordt dat de pluim van het schip recht over de rivier waait (meest ongunstige situatie). Bij een verwachte pluimhoek van ongeveer 15 graden mag worden aangenomen dat de pluim op 1 kilometer afstand de breedte van de gehele rivier van 200 meter (of meer) kan bestrijken.

Bij een hoge depositiesnelheid ( $V_d$ ) van 1 cm/s en een geschatte pluimbreedte van 10 meter bedraagt op 100 meter afstand van het schip de depositie naar water 20 mg/strekkende meter water/seconde. Op 1000 meter afstand van het schip is de depositie naar water ongeveer  $20 \text{ (breedteverhouding)}/35 \text{ (concentratieverhouding)} \times 20 = 11,4$  mg/strekkende meter/seconde. Het schip vaart vrij langzaam met een snelheid van 10 kilometer per uur wat ongunstig is voor de verspreiding. Dit betekent dat over een afstand van 1 kilometer achter het schip  $(20+11,4)/2 = 16$  mg  $\times$  360 seconden = 5700 mg MBTE via depositie in de rivier terechtkomt. In 1 uur tijd is de totale hoeveelheid depositie dan 57 gram. Dit komt neer op  $57/120.000 = 0,05$  % van de emissie.

De rivier is 200 meter breed. Onder een ongunstige aanname dat het MTBE uitsluitend wordt gemengd in de bovenste meter water resulteert een concentratie van  $57 \times 1.000.000 / (200 \times 10.000 \times 1000) = 0,029$  µg/L.

## 4.2 Conclusies

Uit bovenstaande berekening blijkt dat overdracht via de lucht (depositie) een onwaarschijnlijke verklaring is van de verhoogde concentraties die zijn waargenomen in Nederlandse oppervlaktewateren aangezien deze maximale berekende concentratiebijdrage wel 20 keer lager is dan de waargenomen mediane concentratie; Te meer daar in de depositieberekeningen ook nog met de meeste ongunstige omstandigheden is gerekend.

Een meer waarschijnlijke verklaring moet worden gezocht in de sfeer van illegale lozingen van met MTBE verontreinigd waswater (zie rapport Milieucriminaliteit in Nederland, een inventarisatie voor het dreigingsbeeld 2012).

## 5 Referenties

ADN, 2013, [http://www.ccr-zkr.org/files/conventions/adn/ADN\\_2013nl.pdf](http://www.ccr-zkr.org/files/conventions/adn/ADN_2013nl.pdf)

Antea, 2013, Praktijkonderzoek "Ontgassen binnenvaart", revisie 2.1, Anteagroup, Capelle aan de IJssel, december 2013

ECHA Guidance Chapter 8. Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health, Version 1.2, November 2012.

European Chemicals Bureau (ECB), European Risk Assessment Report tert butylmethylether, report EUR 20417 EN, 2002

Fiedler N, et al., 2000, Controlled Human Exposure to Methyl Tertiary Butyl Ether in Gasoline: Symptoms, Psychophysiologic and Neurobehavioral Responses of Self-Reported Sensitive Persons. Environmental Health Perspectives, 108(8): 753-0763

Interventiewaarden gevaarlijke stoffen, 2007, <http://gvcmsw01-int-p/subsites/dsresource?type=pdf&objectid=rivmp:120090&versionid=&subobjectname=>

Martin JV, Bilgin NM, Iba MM, 2002, Influence of oxygenated fuel additives and their metabolites on the binding of a convulsant ligand of the  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) receptor in rat brain membrane preparations, Toxicology Letters 129(3); 219-226

Martin JV, Iyer SV, McIlroy PJ, Iba MM, 2004, Influence of oxygenated fuel additives and their metabolites on  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) receptor function in rat brain synaptoneurosomes, Toxicology Letters 147; 209-117

SCOEL MTBE, 2006, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for tert-butyl methyl ether, SCOEL/SUM/110 2006, <http://www.ser.nl/documents/73122.pdf>

SER-website, [http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden/toelichting\\_nederlandse\\_grenswaardestelsel.aspx](http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden/toelichting_nederlandse_grenswaardestelsel.aspx)

Schuttervaart, 2010, <http://www.schuttevaer.nl/nieuws/actueel/nid14210-rotterdam-gaat-snelheid-binnenvaart-beperken.html>

TNO, 2007, Onderzoek naar emissiefactoren voor fijn stof en stikstof oxiden voor binnenscheepvaart rapportnummer 2007-A-E0791/B

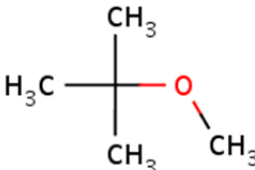
Website Portofrotterdam,  
<http://www.portofrotterdam.com/en/Shipping/inland-shipping/Pages/sailingspeed.aspx>



## Bijlage I: Stofeigenschappen van MTBE

De algemene stofinformatie van MTBE is weergegeven in tabel I.1. De informatie is verkregen uit het Registratiedossier van MTBE ([ECHA website](#), 05-08-2014)

Tabel I.1 Algemene stofinformatie van MTBE (ECHA website)

<b>EC naam:</b>	Methyl-tert-butylether (MTBE)
<b>CAS #</b>	1634-04-4
<b>EC #</b>	216-653-1
<b>IUPAC naam:</b>	propane, 2-methoxy-2-methyl-
<b>Molecuul formule:</b>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O
<b>Molecuulgewicht:</b>	88,15 g/mol
<b>Wateroplosbaarheid</b>	42 g/L (20 °C), 83 g/L (0 °C)
<b>Structuur</b> ( <a href="#">Chem id plus</a> )	

### Conversie Factoren (US-EPA, 1994)

1 ppm = 3.605 mg/m<sup>3</sup>;  
1 mg/m<sup>3</sup> = 0.277 ppm

### Detectiedrempel en herkenningsdrempel

De detectiedrempel en de herkenningsdrempel zijn uit het rapport van Vetrano en Cha (1993) verkregen. De detectiedrempel is de concentratie waarbij mensen MTBE waarnemen; de herkenningsdrempel is de concentratie waarbij mensen MTBE als zodanig kunnen herkennen. De waarde zijn weergegeven in tabel I.2.

Tabel I.2 Detectiedrempels MTBE in lucht/water (Vetrano en Cha, 1993)

	mg/m <sup>3</sup>	ppm
Detectiedrempel in lucht	0,2	0,05
Herkenningsdrempel in lucht	0,3	0,08

### Classificatie

MTBE heeft een geharmoniseerde classificatie voor vlambaarheid en huid irritatie (zie tabel I.3).

Tabel I.3 Geharmoniseerde classificatie volgens Annex IV van CLP (CLP inventory)

Hazard class and category code(s)	Hazard Statement Code(s)
Flam. Liq. 2	H225; Highly flammable liquid and vapour
Skin Irrit.2	H315; Causes skin irritation

### Toxicologische grenswaarden

Er zijn diverse grenswaarden afgeleid voor MTBE. De grenswaarden zijn samengevat in tabel I.4 en daaronder beschreven.

Tabel I.4 Grenswaarden voor MTBE

Grenswaarde	Eenheid mg/m <sup>3</sup>	Afgeleid door	Blootstellingsduur	Geldig voor
Wettelijke grenswaarde NL	180	NL-overheid (SZW)	8 uur per dag gedurende een arbeidsleven	Werker
Wettelijke grenswaarde NL	360	NL-overheid (SZW)	15 minuten per dag gedurende een arbeidsleven	Werker
RfC	3	US-EPA	24 uur	Bevolking
TCL	2,6	RIVM	24 uur	Bevolking
DNEL <sup>1)</sup>	179	Industrie <sup>2)</sup>	6 uur per dag gedurende een arbeidsleven	Werker
DNEL <sup>1)</sup>	214	Industrie <sup>2)</sup>	Acute blootstelling	Werker
DNEL <sup>1)</sup>	54	Industrie <sup>2)</sup>	24 uur per dag gedurende een heel leven	Bevolking
DNEL <sup>1)</sup>	214	Industrie <sup>2)</sup>	Acute blootstelling	Bevolking

1) Derived No Effect Level

2) In het kader van de Europese REACH verordening

### Wettelijke grenswaarden voor de werkplek - NL

Het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft voor MTBE wettelijke grenswaarden voor de werkplek vastgesteld ([SER-website](#)). De wettelijke grenswaarden worden gebaseerd op de gezondheidkundige onderbouwing van de Europese grenswaarde (adviezen SCOEL) (zie [SER-website](#)). De definitie van een grenswaarde is als volgt: "De grenswaarde is een concentratieniveau van een gas, damp, aerosol, vezel of van stof in de lucht op de werkplek. Bij de vaststelling van deze waarde wordt zoveel mogelijk als uitgangspunt gehanteerd dat – voor zover de huidige kennis reikt – de gezondheid van de werknemers én hun nageslacht niet wordt benadeeld. Zelfs niet bij herhaalde blootstelling aan die concentratie, gedurende een langere tot zelfs een arbeidsleven omvattende periode".

Voor MTBE, zijn 2 grenswaarden voor de werkplek afgeleid. Dit is een grenswaarde die geldt voor een gemiddelde blootstelling gedurende 8 uur per dag, de zogenaamde 8-uur tijd-gewogen gemiddelde. Deze

waarde is vastgesteld op 180 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm). Daarnaast is een 15-minuten tijd-gewogen gemiddelde grenswaarde vastgesteld op 360 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm). Deze waarde is zo afgeleid dat een blootstelling van 15 minuten aan deze waarde de gezondheid van de werknemers én hun nageslacht niet nadelig beïnvloedt. De onderbouwing van deze waarden is te vinden in de onderbouwing van de grenswaarde (SCOEL MTBE, 2006).

### **Referentie waarde voor langdurige blootstelling via de inhalatieroute**

De US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency) heeft een RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) afgeleid voor MTBE. De RfC is een inschatting van de dagelijkse blootstelling die hoogstwaarschijnlijk bij de algemene bevolking (inclusief gevoelige subgroepen) geen nadelige effecten veroorzaakt. De waarde is vastgesteld op 3 mg/m<sup>3</sup> ([EPA IRIS database](#)).

### **Toelaatbare concentratie Lucht (TCL)**

In 2004 heeft het RIVM een Toelaatbare concentratie voor lucht afgeleid. Deze luchtconcentratie is zo afgeleid dat mensen hieraan gedurende hun gehele leven blootgesteld kunnen worden zonder nadelige gezondheidseffecten te ondervinden. De waarde is vastgesteld op 2,6 mg/m<sup>3</sup> (Swartjes et al., 2004). De TCL is niet wettelijk bindend.

### **Europese grenswaarden – Derived No Effect Levels**

Onder de Europese REACH verordening, is de industrie verplicht Derived No Effect Levels (DNELs) af te leiden voor de chemicaliën die ze importeren of fabriceren. DNELs zijn gedefinieerd als de concentratie waarboven mensen niet blootgesteld zouden moeten worden (REACH Guidance, R.8.1.1).

Voor MTBE zijn DNELs voor de werker en voor de algemene bevolking afgeleid voor blootstelling via de inhalatieroute ([Registratie dossier MTBE](#)). De acute DNELs zijn geldig voor kortstondige blootstelling. Daarnaast is er voor de werker een DNEL afgeleid die geldig is voor een blootstelling van 6 uur per dag gedurende een arbeidsleven. Voor de algemene bevolking is er tevens een DNEL afgeleid dit geldt voor een blootstelling van 24 uur per dag.

### **Samenvatting**

De wettelijke grenswaarden die in Nederland door de overheid voor MTBE zijn afgeleid zijn geldig voor de werker op de werkplaats. Er zijn in Nederland geen wettelijke grenswaarden afgeleid voor de algemene bevolking.

In de USA heeft de US-EPA wel waarden afgeleid voor levenslange blootstelling van de algemene bevolking. De waarde die het RIVM heeft afgeleid is vrijwel identiek aan de waarde die de US-EPA heeft afgeleid (3 mg/m<sup>3</sup>). De (Amerikaanse) overheid heeft geen grenswaarden afgeleid voor de kortstondige blootstelling van de algemene bevolking.

### **Toxicologisch profiel**

De wettelijke grenswaarden van MTBE zijn gebaseerd op de gezondheidkundige onderbouwing van de Europese grenswaarde (SCOEL MTBE, 2006). In de aanbevelingen van de onderbouwing wordt

gemeld dat er in experimentele dierstudies met herhaalde blootstelling via de inhalatieroute pas bij 3000 ppm (10800 mg/m<sup>3</sup>) effecten worden gezien. Er wordt gesteld dat, op grond hiervan, toxicologisch relevante effecten bij de mens tot 1000 ppm (3600 mg/m<sup>3</sup>) niet te verwachten zijn. Echter er zijn geen relevante data voor de toxiciteit van MTBE in de mens na herhaalde blootstelling. In een studie met vrijwilligers werden milde symptomen (zwaar hoofd en milde irritatie van het slijmvlies) gerapporteerd bij een MTBE-concentratie van 75 ppm (270 mg/m<sup>3</sup>) bij een blootstelling van 3 uur. Er werden geen effecten op reactietijd en evenwicht gezien. In een andere vrijwilligersstudie werden tot 50 ppm (180 mg/m<sup>3</sup>) geen irritatie en CNS effecten waargenomen. De deze gronden adviseert de SCOEL een 8-uur tijd-gewogen gemiddelde grenswaarde van 50 ppm (180 mg/m<sup>3</sup>) en een 15 minuten tijd-gewogen gemiddelde grenswaarde van 100 ppm (360 mg/m<sup>3</sup>).

Er is een SIDS INITIAL ASSESSMENT PROFILE van MTBE uit 2001 beschikbaar (SIDS MTBE, 2001). Daarin is het volgende beschreven: MTBE is een vloeistof met een hoge dampdruk, waardoor blootstelling hoofdzakelijk via de inhalatieroute plaatsvindt. De stof wordt gemakkelijk opgenomen en snel gemetaboliseerd tot formaldehyde en tert-butanol. Tert-butanol wordt verder gemetaboliseerd, maar met een lagere snelheid, tot 2-methyl-1,2-propanediol and  $\alpha$ -hydroxyisobutyric acid. De laatste is de belangrijkste metaboliet. Hoewel de rat MTBE efficiënter metaboliseert dan de mens, is het metabolietprofiel hetzelfde.

MTBE vertoont in dieren lage acute toxiciteit via de oral, dermale en inhalatie route. In ratten is de gemiddelde orale LD50 4000 mg/kg. De dermale LD50 ligt boven de 1000 mg/kg en de LC50 via inhalatie ligt op ongeveer 100 mg/l. MTBE wordt beschouwd als huidirritant, maar niet als oogirritant of als irritant voor het respiratoire systeem. MTBE was niet sensibiliserend in cavia's en er zijn geen rapportages beschikbaar over sensibilisatie in mensen. In herhaalde blootstellingsstudies zijn effecten in de lever en nier zichtbaar, hoofdzakelijk bij inademiesconcentraties van 3000 ppm en boven orale doseringen van 250 mg/kg of daarboven. MTBE induceert in de rat nierontsteking ten gevolge van eiwitophoping. Mogelijk hangt dit samen met accumulatie van  $\alpha$ 2u-globuline in de niertubuli, wat specifiek is voor mannetjes ratten. In ratten en muizen MTBE verhoogt het levergewicht en induceert hypertrofie van de hepatocyten. In vrouwtjes muizen induceert MTBE diverse microsomale P450-activiteiten zonder dat levertoxiciteit optreedt of een toename in DNA synthese. Alles overziend, is een orale NOAEL van 300 mg/kg afgeleid en een NOAEL van 800 ppm voor de inhalatie route.

## Referenties

CLP inventory, <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/clp-inventory-database/-/cl-inventory/view-notification-summary/65671>

ECHA website, stoffeigenschappen MTBE, laatst gewijzigd 05-08-2014, [http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9eb00edd-f044-54c0-e044-00144f67d031/DISS-9eb00edd-f044-54c0-e044-00144f67d031\\_DISS-9eb00edd-f044-54c0-e044-00144f67d031.html](http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9eb00edd-f044-54c0-e044-00144f67d031/DISS-9eb00edd-f044-54c0-e044-00144f67d031_DISS-9eb00edd-f044-54c0-e044-00144f67d031.html)

EPA, IRIS database, (laatste revisie 09/01/1993)  
[http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm?fuseaction=iris.showQuickView&substance\\_nmbr=0545](http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm?fuseaction=iris.showQuickView&substance_nmbr=0545)

REACH Guidance, R.8.1.1,  
[http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r8\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf)

SER-website,  
[http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden/toelichting\\_nederlandse\\_grenswaardestelsel.aspx](http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden/toelichting_nederlandse_grenswaardestelsel.aspx)

SCOEL MTBE, 2006, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for tert-butyl methyl ether, SCOEL/SUM/110 2006, <http://www.ser.nl/documents/73122.pdf>

SIDS, MTBE (2001) SIDS INITIAL ASSESSMENT PROFILE, MTBE,  
<http://webnet.oecd.org/hpv/ui/handler.axd?id=23f2e7da-28c7-4b49-a649-1227d00e1f98>

Swartjes FA, Baars AJ, Fleuren RHLJ, Otte PF (2004). Risicogrenzen voor MTBE (Methyl tertiari-Butyl Ether) in bodem, sediment, grondwater, oppervlaktewater, drinkwater en voor drinkwaterbereiding. RIVM rapport 711701039/2004.  
[http://www.rivm.nl/dsresource?objectid=rivmp:19087&type=org&disposition=inline&ns\\_nc=1](http://www.rivm.nl/dsresource?objectid=rivmp:19087&type=org&disposition=inline&ns_nc=1)

US-EPA, 1994, CHEMICAL SUMMARY FOR METHYL-TERT-BUTYL ETHER prepared by OFFICE OF POLLUTION PREVENTION AND TOXICS U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 749-F-94-017a,  
[http://www.epa.gov/chemfact/s\\_mtbe.txt](http://www.epa.gov/chemfact/s_mtbe.txt).

Vetrano KM, Cha SS (1993). Final report to ARCO chemical company on the odor and taste threshold studies performed with methyl tertiar-butyl ether (MTBE) and ethyl tertiary-butyl ether (ETBE). TRC Environmental Corporation.

## Bijlage II: Ontgassen van schepen – dispersieberekeningen MTBE

### Inleiding

Bij het ontgassen van binnenschepen kunnen schadelijke gassen vrijkomen in de omgeving. TNO Emissie Registratie is door het RIVM gevraagd verspreidings-berekeningen te doen, waarbij methyl-tertiair-butylether (MTBE) als voorbeeldstof gekozen is. TNO Emissie Registratie heeft Urban Environment and Safety gevraagd dispersieberekeningen uit te voeren.

Dit document geeft de resultaten van de berekeningen met EFFECTS en PluimPlus.

### Berekening van de bronsterkte

#### *Gemiddelde bronsterkte*

Bij de berekening van de gemiddelde bronsterkte is uitgegaan van de laatst bekende nationale uitstoot-gegevens. Voor de totale emissie van MTBE is dit 360 ton/jaar [CE, 2013]. Deze emissie is uitgestoten als gevolg van 600 scheepsbeladingen [CE, 2013]. Dit leidt tot een gemiddelde bronsterkte van  $(360 \cdot 1000) / (600 \cdot 5) = \mathbf{120 \text{ kg/uur}}$ . Rijkswaterstaat heeft in 2013 praktijkonderzoek laten verrichten door onderzoeksbureau Antea naar de emissies die plaatsvonden tijdens het ontgassen van enkele schepen geladen met verschillende stoffen. In dit onderzoek werd slechts 1 ontgassing van MTBE bemeten. Volgens het Antea-rapport [Antea, 2013] duurt een gemiddelde ontgassing van een binnenschip met MTBE ongeveer 5 uur. De maximale concentratie die door Antea [Antea, 2013] werd gevonden was ongeveer 100 gram/m<sup>3</sup>. Bij een emissiesterkte van 120 kg/uur bij 1000 m<sup>3</sup>/emissiepunt.uur en met 6 tanks/emissiepunten per schip (aanname) is de gemiddelde concentratie  $120 \cdot 1000 / (6 \cdot 1000) = 20$  gram/m<sup>3</sup>. Het aantal tanks van het schip dat Antea heeft bemeten was 8.

#### *Vergelijking van emissiefactoren*

Interessant is verder om de afgeleide emissiefactor van MTBE (dit is de verhouding van de uitstoot tot de hoeveelheid die is ontladen) die CE hanteert te vergelijken met de uitkomst van 1 meting van Antea. Volgens CE [CE, 2013] is in 2011 ongeveer 800.000 ton MTBE verscheept met binnenvaartschepen. Hiervan is ongeveer 600.000 ton ontladen in Nederland. De afgeleide emissiefactor waar CE op uitkomt is dus  $(360 / 600.000) = 0,06\%$ . Het resultaat van 1 meting van Antea [Antea, 2013] (tabel B, schip C) komt uit op 0,03% m/m. In het risk-assessment rapport (RAR) van het European Chemicals Bureau wordt voor de overslag van puur MBTE met tankers een emissiefactor van 0,049 % m/m toegepast (ECB, 2002). De gehanteerde bronsterkte overeenkomend met 0,06% m/m die gebruikt is in deze studie zit hiermee aan de veilige kant van het spectrum.

*Verklaring van verschil in emissiefactoren*

Van belang hierbij is om op te merken dat het scheepstype dat Antea heeft bemeten in dit geval een type C is (gespecialiseerd in vervoer van chemische producten). De hoeveelheid ladingrestant in dit type schepen wordt lager ingeschat dan van scheepstype N [Antea, 2013]. Daarnaast moet opgemerkt worden dat de meting heeft plaatsgevonden op 5 november 2013. Hoewel dit niet is vermeld in de rapportage van Antea zal de temperatuur op die dag lager geweest zijn dan de gemiddelde jaartemperatuur. De temperatuur in de Bilt was die dag 7,1 °C tegen 9,8 °C jaargemiddeld (KNMI). Een lager dan gemiddelde temperatuur zal geleid hebben tot een lagere maximum-uitstoot en een langere ontgassingsduur dan gemiddeld over het jaar voor het betreffende schip.

**Berekeningen**

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenpakket EFFECTS v 9.0.19 van TNO [TNO, 2014] en met het rekenpakket PluimPlus, v4.3 van TNO [TNO, 2014]. Allereerst worden enkele relevante uitgangspunten besproken.

EFFECS is een rekenpakket dat gebruikt wordt voor het uitvoeren van veiligheidsstudies voor de chemische industrie. Hierbij gaat het om het bepalen van de effecten van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen bij een incident. Deze incidenten worden gekenmerkt door de kortstondige uitstoot (seconden tot minuten) van een grote hoeveelheid gevaarlijke stof.

*Uitgangspunten EFFECTS berekening***Scenario**

Het scenario is het vrijkomen van gasvormig MTBE tijdens het ontgassen. Het ontgassen vindt plaats tijdens het varen. EFFECTS gaat uit van stationaire bronnen. Aangenomen is een uitstroomduur van 5 minuten. Er is gerekend met een gemiddeld uitstroomdebiet van 120 kg/h (0,033 kg/s)- dit is het gemiddelde uitstroomdebiet gedurende het gehele ontgassingsproces.

Het gasmengsel komt vrij op 4 m hoogte.  
Aangenomen is dat de uitstroomopening 10 x 10 cm is.

De afstanden tot aan de interventiewaarden worden gerapporteerd. De interventiewaarden worden gebruikt om richting te geven aan de bescherming van de bevolking en de hulpverleners bij incidenten met gevaarlijke stoffen [VROM, 2007].

De definities van de interventiewaarden zijn als volgt:

- Voorlichtingsrichtwaarde - VRW  
De concentratie van een stof die met grote waarschijnlijkheid door het merendeel van de blootgestelde bevolking hinderlijk wordt waargenomen of waarboven lichte, snel reversibele gezondheidseffecten mogelijk zijn bij een blootstelling van één uur. Vaak is dit de concentratie waarbij blootgestelden beginnen te klagen over het waarnemen van de blootstelling.
- Alarmeringsgrenswaarde - AGW

De concentratie van een stof waarboven irreversibele of andere ernstige gezondheidsschade kan optreden door directe toxische effecten bij een blootstelling van één uur.

- Levensbedreigende waarde - LBW  
De concentratie van een stof waarboven mogelijk sterfte of een levensbedreigende aandoening door toxische effecten kan optreden binnen enkele dagen na een blootstelling van één uur.

Naast de afstanden tot de interventiewaarden worden ook de afstanden tot Europese grenswaarden gerapporteerd [Chemiekaarten, 2014]:

- Europese indicatieve grenswaarde (8 uur)
- Europese indicatieve STEL (Short Term Exposure Limit) waarde (15 min)

De onderstaande tabel toont enkele stoffeigenschappen van MTBE en de scenariogegevens.

Tabel II.1 Beschrijving situatie

<b>Stoffeigenschappen</b>	<b>[Chemiekaarten, 2014]</b>
Kookpunt (°C)	55
Vlampunt (°C)	-28
LEL (%vol)	1.6
UEL (%vol)	15.1
Relatieve dichtheid verzadigd damp/lucht mengsel bij 20 °C	1.5
Europese indicatieve grenswaarde (8 uur) (mg/m <sup>3</sup> )	183.5 (50 ppm)
Europese indicatieve STEL-waarde (15 min) (mg/m <sup>3</sup> )	367 (100 ppm)
VRW (mg/m <sup>3</sup> )	5
AGW (mg/m <sup>3</sup> )	1 000
LBW (mg/m <sup>3</sup> )	10 000
<b>Scenariogegevens</b>	
Stof	Gasvormig MTBE
Debiet (kg/h)	120 (0.033 kg/s) 600 (0.017 kg/s)
Uitstroomduur (s)	300
Uitstroomhoogte (m)	4
Bronafmeting (m) (b x h)	0.1 x 0.1

Vier situaties zijn beschouwd voor de afstand van het schip tot potentiële blootgestelde personen:

- 100 m- (vaarweg door bebouwd en bewoond gebied)



- 150 m
- 200 m
- 1 000 m- (vaarweg door landelijk gebied zonder fiets/wandelpaden)

### **Dispersiemodel**

Voor de verspreiding van stoffen in de atmosfeer wordt gebruik gemaakt van een atmosferisch dispersie model. Hierbij wordt onder anderen rekening gehouden met de weersomstandigheden, de afmetingen van de bron en de invloed van de omgeving.

Naast bovengenoemde parameters kan ook de dichtheid van de stof relevant zijn. Voor gaswolken met een dichtheid die vergelijkbaar is met de omringende atmosfeer zal de verspreiding van de wolk bepaald worden door de atmosferische omstandigheden. De wolk zal met de wind mee verspreiden.

Als de vrijgekomen gaswolk zwaarder is dan de omringende atmosfeer zal de zwaartekracht ook een rol spelen bij de verspreiding van de wolk. De wolk kan zich neerwaarts bewegen en zelfs tegen de wind in bewegen.

De wolk kan zwaar zijn vanwege een hoge molecuulmassa van de vrijgekomen stof of vanwege een lage temperatuur.

### **Weersomstandigheden**

Voor de scenario's van vrijkomen van gevaarlijke stoffen is de verspreiding van deze stoffen naar de omgeving van belang. De verspreiding van een gaswolk is, onder andere, afhankelijk van de heersende stabiliteitsklasse, de windsnelheid en de windrichting. Voor dit project is uitgegaan van twee weerklassen, D5 (komt zowel overdag als 's nachts voor en is representatief voor de dag) en F1.5 (representatief voor de nacht). D5 houdt in dat er sprake is van een neutrale atmosfeer en een windsnelheid van 5 m/s. F1.5 staat voor een zeer stabiele atmosfeer met een windsnelheid van 1.5 m/s. Een stabiele atmosfeer heeft minder turbulentie dan een neutrale atmosfeer, waardoor de verdunning van een gaswolk minder snel zal zijn dan bij een neutrale atmosfeer.

### **Omgeving**

Zoals beschreven in voorgaande paragraaf zijn de weersomstandigheden van belang voor de verspreiding van stoffen naar de omgeving. Een andere belangrijke factor is de ruwheid van de omgeving. Een vlakke omgeving (weiland) zal weinig turbulentie veroorzaken, waardoor de wolk slecht zal opmengen en verdunnen. Is er echter sprake van een ruwer oppervlak in de omgeving, bijvoorbeeld door hoogbouw, dan zal er meer turbulentie ontstaan in de atmosfeer, waardoor de wolk sneller zal opmengen en verdunnen.

Voor de ruwheid van de omgeving zijn twee varianten doorgerekend:

- City center with high and low rise buildings (ruwheidslengte 3.0 m)
- Open flat terrain, grass, few isolated objects (ruwheidslengte 0.03 m).

*Resultaten EFFECTS berekening*

De volgende tabel toont de belangrijkste invoerparameters en de resultaten voor de gemiddelde situatie: een uitstoot van 120 kg/h. Ook is aangegeven hoe lang de concentratie, op 100 en 1 000 m van de bron, boven de grenswaarden zit.

Tabel II.2 Input parameters en resultaten- Dispersie- 120 kg/h

Model	EFFECTS v 9.0 - Zwaar gas dispersie	
Bron term (kg/h)	120	
Uitstroomduur (s)	300	
Afmeting bron (b x h) (m)	0.1 x 0.1	
Hoogte van vrijkomen (m)	4	
Weerklasse	D5 en F1.5	
Omgevingsruwheid	open flat terrain	city centre

Tabel II.3 Afstanden waarop de grenswaarden worden overschreven onder de gekozen condities

Resultaten op 1 m hoogte	Open flat terrain		City centre	
	D5	F1.5	D5	F1.5
<b>Afstand tot grenswaarde (m)</b>				
Europese indicatieve grenswaarde (8 uur) (184 mg/m <sup>3</sup> )	75	335	35	150
Europese indicatieve STEL-waarde (15 min) (367 mg/m <sup>3</sup> )	-	190	-	75
VRW (5 mg/m <sup>3</sup> )	605	2 190	460	1 390
AGW (1 000 mg/m <sup>3</sup> )	-	70	-	30
LBW (10 000 mg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	5
<b>Concentratie op vaste afstand (mg/m<sup>3</sup>)</b>				
100 m	123	725	55	280
150 m	65	475	30	185
200 m	40	360	20	130
1 000 m	2	25	1	9
<b>Tijdsduur concentratie op vaste afstand boven grenswaarde (s)</b>				
100 m				
VRW	275	535	270	550
AGW	-	-	-	-
LBW	-	-	-	-
1000 m				
VRW	-	740	-	415

AGW	-	-	-	-
LBW	-	-	-	-

Concentratiecontouren staan in de bijlage gegeven.

Onder de beschouwde omstandigheden:

- Wordt de LBW waarde alleen bereikt bij stabiel weer en een stedelijke omgeving.
- Wordt de AGW waarde bereikt tussen ca. 30 en 70 m, afhankelijk van de omgevingsparameters (weerklassse en omgevingsruwheid).
- Kan de VRW waarde tot op enkele kilometers optreden.
- Ligt de concentratie op 1 000 m van het uitstroompunt onder de 30 mg/m<sup>3</sup>

De bron is op 4 meter hoogte en de rapportage op 1 meter. Meer turbulentie door obstakels (city center vs. open flat terrain) laat de concentratie bij de grond dichtbij hoger oplopen (er slaat meer neer) maar op grotere afstand overheerst het effect van meer verdunning door meer turbulentie.

F1.5 resulteert in grotere afstanden dan D5- als gevolg van de stabielere atmosfeer, waardoor de MTBE wolk minder snel verdund wordt.

In een stedelijke omgeving worden in het algemeen kortere afstanden bereikt dan in een landelijke omgeving, door de hogere turbulentie van de atmosfeer, waardoor de MTBE wolk sneller verdund.

#### *Uitgangspunten PluimPlus berekening*

PluimPlus is de TNO implementatie van het Nieuwe Nationaal Model [TNO, 1998]. Dit model is ontwikkeld om de verspreiding van emissies te modelleren. De rekenmethode is conform SRM3 (standaard rekenmethode 3) zoals vastgelegd in de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007 (Rbl).

PluimPlus rekent niet op hypothetische locaties, maar op bestaande plekken in Nederland, met de voor die locatie specifieke meteo en terrein ruwheid. Er zijn twee locaties gekozen om een berekening uit te voeren: de Geulhaven in het Rijnmond gebied, en de Waal nabij Nijmegen.

De broneigenschappen en emissiesterktes zijn identiek aan die van de EFFECTS berekening. Er wordt gerekend alsof de emissie continue is. Er wordt 10 jaar meteo doorgerekend. De punten waarop de concentratie wordt berekend liggen op een cirkel op 100 meter van het emissiepunt.

*Resultaten PluimPlus berekening***Berekening 1: Nijmegen.***Tabel II.4 Input parameters en resultaten berekening 1.*

<b>Stofkenmerken</b>	
Component type	Inert gas zonder depositie
<b>Ruwheid</b>	
Ruwheidslengte volgens PReSrm-ruwheidskaart	1.00 [m]
<b>Meteo-data</b>	
Alle meteo data is via PreSRM version	1.402
Meteo periode 1995-2004	
<b>Bronnen en emissies</b>	
Totaal aantal bronnen	1
Brontype	Puntbron
Tijdprofiel bron	continue
X-positie bron [m]	187600
Y-positie bron [m]	429400
Hoogte bron [m]	4
Uitwendige schoorsteen diameter [m]	0.2
Inwendige schoorsteen diameter [m]	0.1
Volume debiet schoorsteen [NM <sup>3</sup> /s]	0.000
Emissiesterkte	120 kg/hr
Aantal uren met bronbijdrage	87672
Warmteoutput [MW]	0
(Gas-)uittree-temperatuur [K]	285
(Gas-)uittree-snelheid [m/s]	0.01
Aantal uren waarin de pluim (gedeeltelijk) in de menglaag aanwezig is	87672
Gemiddelde fractie van de emissie in de menglaag	1
Gemiddelde eff. schoorsteenhoogte [m]	3.63
<b>Locatie van de maximaal berekende uurlijkse concentratie ( ug/m<sup>3</sup>)</b>	
X-coördinaat	187562
Y-coördinaat	429308
Tijdstip <b>maximaal</b> berekende uurlijkse concentratie	
Jaar	2004
Maand	2
Dag	29
Uur	5
Concentratiebijdrage	135 mg/m <sup>3</sup>

Tabel II.5 Berekening 1. Percentielen van de uurlijkse concentratie per receptor punt. (mg/m<sup>3</sup>)

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>99.9</b>
187700	429400	18	24	52
187698	429419	19	24	52
187692	429438	19	24	55
187683	429455	19	25	56
187670	429470	20	26	57
187655	429483	20	26	55
187638	429492	20	26	57
187619	429498	20	26	57
187600	429500	20	26	58
187581	429498	20	26	57
187562	429492	20	26	58
187545	429483	20	26	58
187530	429470	19	25	58
187517	429455	18	24	56
187508	429438	17	23	50
187502	429419	16	21	47
187500	429400	15	20	45
187502	429381	16	21	46
187508	429362	17	22	48
187517	429345	17	22	50
187530	429330	16	22	49
187545	429317	16	22	50
187562	429308	17	22	54
187581	429302	16	22	54
187600	429300	16	22	51
187619	429302	16	22	48
187638	429308	16	22	51
187655	429317	16	22	53
187670	429330	17	22	50
187683	429345	16	22	48
187692	429362	17	23	51
187698	429381	18	23	51

Tabel II.6 Berekening op 150m van de bron op de Waal nabij Nijmegen.  
Concentraties in milligram

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>98perc</b>	<b>99perc</b>	<b>99.9perc</b>
187750	429400	9	12	29
187747	429429	10	12	29
187738	429457	10	13	30
187724	429483	10	13	31
187706	429506	10	13	31
187683	429524	11	14	31
187657	429538	10	14	32
187629	429547	10	14	32
187600	429550	10	13	31
187571	429547	10	14	32
187543	429538	10	14	32
187517	429524	10	13	32
187494	429506	10	13	32
187476	429483	10	13	31
187462	429457	9	12	28
187453	429429	8	11	26
187450	429400	8	11	25
187453	429371	8	11	25
187462	429343	9	11	26
187476	429317	8	11	27
187494	429294	8	11	26
187517	429276	8	11	28
187543	429262	8	12	30
187571	429253	8	12	29
187600	429250	8	11	28
187629	429253	8	11	26
187657	429262	8	11	28
187683	429276	8	11	29
187706	429294	8	11	27
187724	429317	8	11	26
187738	429343	9	12	28
187747	429371	9	12	28

Tabel II.7 Berekening op 200m van de bron op de Waal nabij Nijmegen.  
Concentraties in milligram

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>98perc</b>	<b>99perc</b>	<b>99.9perc</b>
187800	429400	6	8	19
187796	429439	6	8	19
187784	429476	6	8	19
187766	429511	6	8	20
187741	429541	6	8	20
187711	429566	7	9	20
187676	429584	7	9	20
187639	429596	6	9	21
187600	429600	6	8	21
187561	429596	6	8	20
187524	429584	6	9	21
187489	429566	6	8	21
187459	429541	6	8	21
187434	429511	6	8	20
187416	429476	5	7	18
187404	429439	5	7	16
187400	429400	5	7	16
187404	429361	5	7	16
187416	429324	5	7	17
187434	429289	5	7	18
187459	429259	5	7	17
187489	429234	5	7	18
187524	429216	5	7	19
187561	429204	5	7	19
187600	429200	5	7	18
187639	429204	5	7	17
187676	429216	5	7	18
187711	429234	5	7	18
187741	429259	5	7	17
187766	429289	5	7	17
187784	429324	5	7	18
187796	429361	6	7	18

**Berekening 2: Geulhaven.***Tabel II.8 Input parameters en resultaten berekening 2.*

<b>Stofkenmerken</b>	
Component type	Inert gas zonder depositie
<b>Ruwheid</b>	
Ruwheidslengte volgens PReSrm-ruwheidskaart	0.42 [m]
<b>Meteo-data</b>	
Alle meteo data is via PreSRM version	1.402
Meteo periode 1995-2004	
<b>Bronnen en emissies</b>	
Totaal aantal bronnen	1
Brontype	Puntbron
Tijdprofiel bron	continu
X-positie bron [m]	81500
Y-positie bron [m]	434500
Hoogte bron [m]	4
Uitwendige schoorsteen diameter [m]	0.2
Inwendige schoorsteen diameter [m]	0.1
Volume debiet schoorsteen [NM <sup>3</sup> /s]	0.000
Emissiesterkte	120.0000 kg/hr
Aantal uren met bronbijdrage	87672
Warmteoutput [MW]	0
(Gas-)uittree-temperatuur [K]	285
(Gas-)uittree-snelheid [m/s]	0.01
Aantal uren waarin de pluim (gedeeltelijk) in de menglaag aanwezig is	87672
Gemiddelde fractie van de emissie in de menglaag	1
Gemiddelde eff. schoorsteenhoogte [m]	3.62



*Tabel II.9 Locatie en tijdpunt van de maximaal berekende uurlijkse concentratie*

<b>Locatie van de maximaal berekende uurlijkse concentratie (ug/m<sup>3</sup>)</b>	
X-coördinaat	81555
Y-coördinaat	434583
<b>Tijd maximaal berekende uurlijkse concentratie</b>	
Jaar	1997
Maand	7
Dag	13
Uur	24
Max.concentratie (bijdrage + achtergrond)	197 mg/m <sup>3</sup>

Tabel II.10 Berekening geulhaven 100m afstand tot de bron. Percentielen van de uurlijkse concentratie per receptor punt. (mg/m<sup>3</sup>)

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>99.9</b>
81600	434500	20	28	67
81598	434519	19	27	66
81592	434538	18	25	59
81583	434555	18	25	62
81570	434570	21	29	73
81555	434583	23	31	73
81538	434592	24	33	80
81519	434598	23	32	76
81500	434600	23	32	72
81481	434598	23	31	79
81462	434592	24	33	79
81445	434583	22	31	75
81430	434570	22	30	72
81417	434555	21	29	71
81408	434538	21	29	72
81402	434519	21	30	77
81400	434500	22	32	77
81402	434481	23	32	80
81408	434462	23	32	77
81417	434445	21	29	75
81430	434430	19	27	70
81445	434417	18	26	66
81462	434408	18	27	69
81481	434402	18	27	68
81500	434400	19	28	71
81519	434402	21	30	73
81538	434408	21	31	71
81555	434417	22	31	71
81570	434430	21	30	74
81583	434445	20	30	70
81592	434462	20	29	76
81598	434481	20	28	69

*Tabel II.11 Berekening geulhaven 150m afstand tot de bron. Percentielen van de uurlijkse concentratie per receptor punt. (mg/m<sup>3</sup>)*

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>99.9</b>
81650	434500	10	15	37
81647	434529	10	14	36
81638	434557	9	13	33
81624	434583	9	13	35
81606	434606	11	15	40
81583	434624	12	17	40
81557	434638	13	17	45
81529	434647	12	17	42
81500	434650	12	17	40
81471	434647	12	17	44
81443	434638	12	17	44
81417	434624	12	17	42
81394	434606	11	16	40
81376	434583	11	16	40
81362	434557	11	16	40
81353	434529	11	16	44
81350	434500	12	17	44
81353	434471	12	17	45
81362	434443	12	17	43
81376	434417	11	16	41
81394	434394	9	14	39
81417	434376	9	14	37
81443	434362	9	14	38
81471	434353	9	14	38
81500	434350	10	15	40
81529	434353	11	16	41
81557	434362	11	17	40
81583	434376	11	17	40
81606	434394	11	16	40
81624	434417	11	16	39
81638	434443	10	16	42
81647	434471	10	15	39

Tabel II.12 Berekening geulhaven 200m afstand tot de bron. Percentielen van de uurlijkse concentratie per receptor punt. (mg/m<sup>3</sup>)

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>99.9</b>
81700	434500	6	9	24
81696	434539	6	9	23
81684	434576	6	8	21
81666	434611	6	8	22
81641	434641	7	10	26
81611	434666	7	10	26
81576	434684	8	11	30
81539	434696	8	11	28
81500	434700	7	11	27
81461	434696	8	11	29
81424	434684	8	11	29
81389	434666	7	10	27
81359	434641	7	10	26
81334	434611	7	10	26
81316	434576	7	10	26
81304	434539	7	10	28
81300	434500	7	11	28
81304	434461	8	11	29
81316	434424	7	11	28
81334	434389	7	10	27
81359	434359	6	9	25
81389	434334	6	9	24
81424	434316	6	9	24
81461	434304	6	9	24
81500	434300	6	10	26
81539	434304	7	10	27
81576	434316	7	11	26
81611	434334	7	11	26
81641	434359	7	10	26
81666	434389	6	10	25
81684	434424	6	10	27
81696	434461	6	9	25

Tabel II.13 Berekening, Geulhaven 1000m afstand tot de bron. Percentielen van de uurlijkse concentratie per receptor punt. (mg/m<sup>3</sup>)

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>99.9</b>
82500	434500	0.4	0.7	2.0
82480	434695	0.4	0.7	2.0
82423	434882	0.4	0.6	1.7
82331	435055	0.4	0.6	1.8
82207	435207	0.5	0.7	2.1
82055	435331	0.5	0.8	2.2
81882	435423	0.6	0.9	2.5
81695	435480	0.6	0.9	2.3
81500	435500	0.6	0.8	2.3
81305	435480	0.6	0.8	2.5
81118	435423	0.6	0.9	2.4
80945	435331	0.5	0.8	2.3
80793	435207	0.5	0.8	2.2
80669	435055	0.5	0.8	2.3
80577	434882	0.5	0.8	2.2
80520	434695	0.5	0.8	2.3
80500	434500	0.5	0.8	2.4
80520	434305	0.6	0.9	2.5
80577	434118	0.5	0.9	2.3
80669	433945	0.5	0.8	2.3
80793	433793	0.4	0.7	2.1
80945	433669	0.4	0.7	2.0
81118	433577	0.4	0.7	2.1
81305	433520	0.4	0.7	2.0
81500	433500	0.4	0.8	2.1
81695	433520	0.5	0.8	2.2
81882	433577	0.5	0.8	2.1
82055	433669	0.5	0.8	2.2
82207	433793	0.5	0.8	2.2
82331	433945	0.5	0.8	2.1
82423	434118	0.4	0.8	2.3
82480	434305	0.4	0.7	2.1

### Interpretatie van de berekening.

De berekening is uitgevoerd als of de bron voortdurend in werking is en het schip op een vaste plek ligt. Er is gerekend voor een periode van 10 jaar, dus voor 87672 uren is een concentratie berekening uitgevoerd. Het 99,9 percentiel is de concentratie waarvoor geldt dat in 99,9 procent van de uren een lagere concentratie wordt berekend en in 0,1 procent van de uren een hogere. Voor de verdere berekening wordt uitgegaan van het 99.9 percentiel van de concentratie.

Uit de concentratie berekend voor een continue bron moet worden geschat wat de concentratie per tijdseenheid, behorende bij een toetsingsnorm van een passerend schip is. In eerdere een eerdere studie (TNO,2007) zijn pluimen van passerende schepen gemeten. Uit deze metingen volgt dat een passerend schip een punt aan de wal gedurende 1 à 2 minuten belast. Voor een worst case schatting is in deze studie aangenomen dat een punt op de wal gedurende 5 minuten door een passerend schip wordt belast met de berekende concentratie alsof de bron niet beweegt.

Tabel II.14 Belasting per tijdseenheid

berekening nr	locatie	Concentratie (mg/m <sup>3</sup> )	Belasting duur	15min gemiddelde (mg/m <sup>3</sup> )	1 uurs gemiddelde (mg/m <sup>3</sup> )
1	nijmegen	58	5min	19	5
2	geulhaven	80	5min	27	7

### Referenties

[CE, 2013] Update estimate emissions degassing inland tank vessels, CE Delft, November 2013

[Antea, 2013] Praktijkonderzoek "Ontgassen binnenvaart", revisie 2.1, Anteagroup, Capelle aan de IJssel, december 2013

[ECB, 2002] European Risk Assessment Report tert-butylmethylether, European Chemicals Bureau (ECB),report EUR 20417 EN

[TNO, 1998] Het Nieuwe Nationaal Model, TNO Rapportnr. R 98/306

[TNO, 2014] EFFECTS, rekenpakket voor het bepalen van effecten als gevolg van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, versie 9.0.19, TNO, 2014

[TNO, 2014] PLUIM-PLUS, rekenpakket voor het berekenen van concentraties volgens standaard rekenmethode 3 RBL, versie 4.3, TNO, 2014

[TNO,2007] Onderzoek naar emissiefactoren voor fijn stof en stikstof oxiden voor binnenscheepvaart rapportnummer 2007-A-E0791/B

[VROM, 2007] Interventiewaarden gevaarlijke stoffen, 2007

[Chemiekaarten, 2014] Chemiekaarten, TNO, 2014

## Bijlage III: Concentratiecontouren

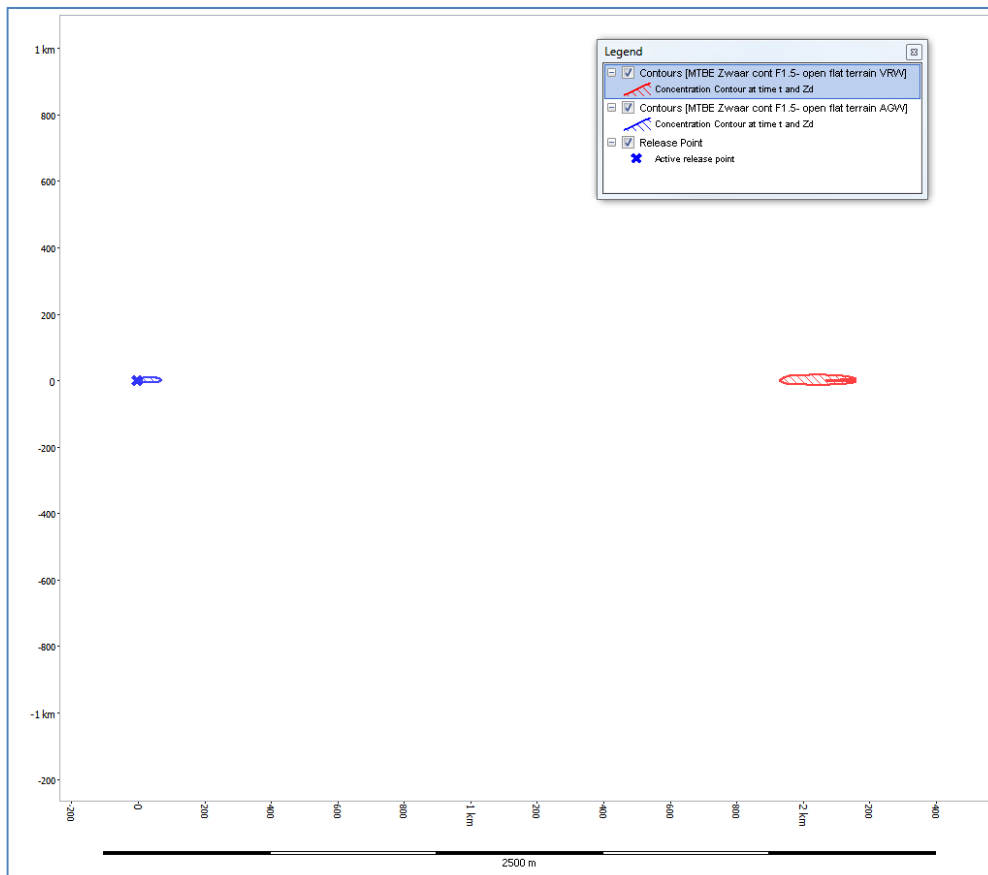
In deze bijlage staan de concentratiecontouren weer gegeven. De contouren zijn tijdsafhankelijk. Bij een semi-continue bron (uitstoot van het gas duurt een bepaalde tijd) is het verloop van de omvang van contouren globaal als volgt:

- In het begin zal de concentratiecontour in omvang toenemen tot dat er een evenwichtssituatie ontstaat. De concentratiecontour zal bij de bron beginnen.
- Na het stoppen van de uitstoot van de stof zal de contour "loskomen" van de bron en met de wind mee drijven. De contour zal geleidelijk kleiner worden als gevolg van de verdunning.

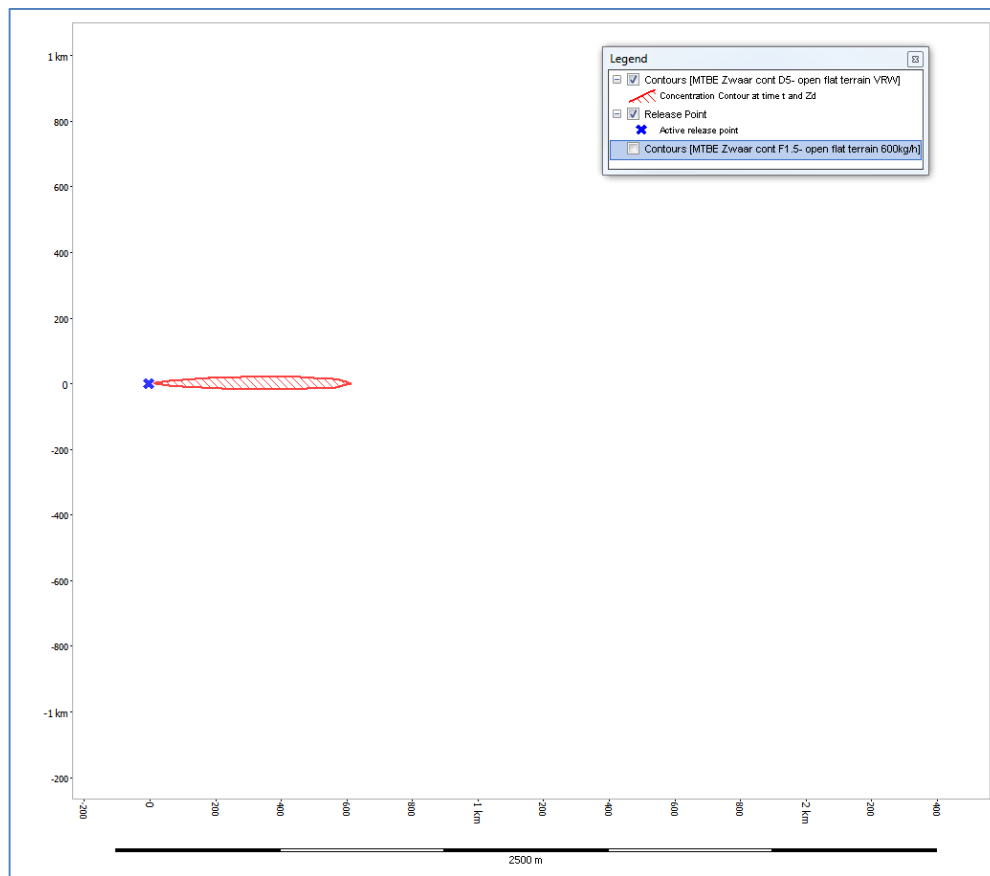
Contouren zijn hier weergegeven voor de situatie waarbij de grootste afstand bereikt wordt. Door op een ander tijdstip te contour te beschouwen kan een grotere contour verkregen worden, die echter niet zo ver zal reiken als de hier getoonde contouren.

De schaal van de verschillende figuren is identiek. Hierdoor zijn sommige kleine contouren niet goed zichtbaar.

### Open flat terrain



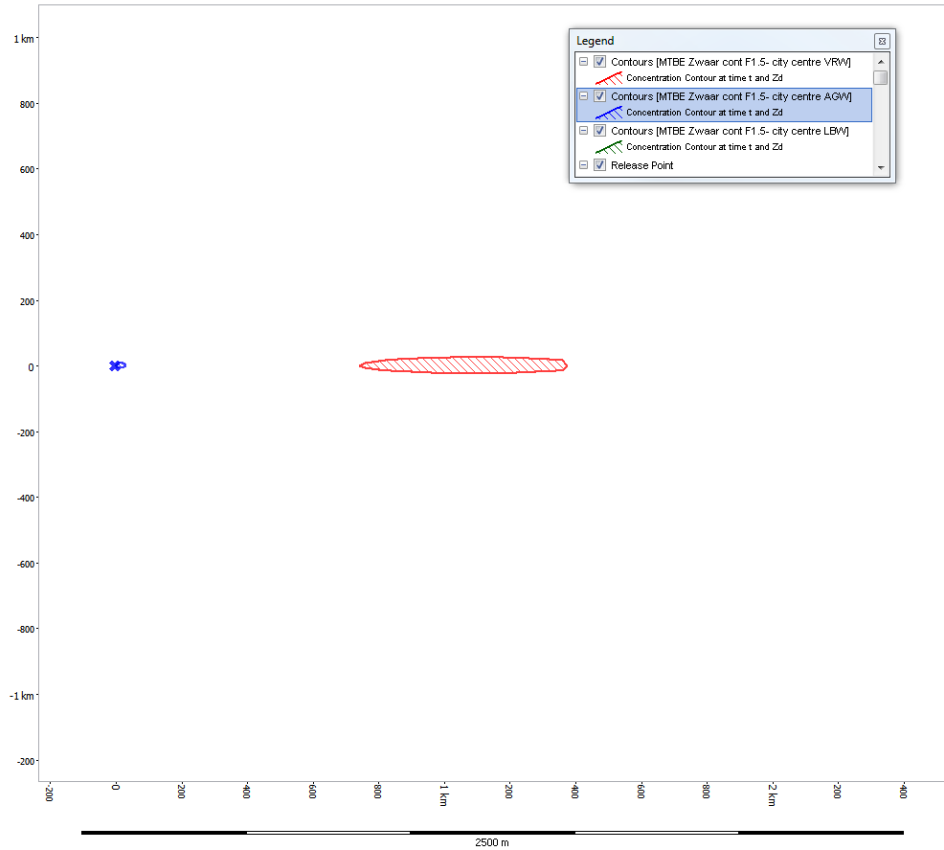
Figuur III.1 Concentratie contour- 120 kg/h- open flat terrain- F1.5- VRW (rood), AGW (blauw)



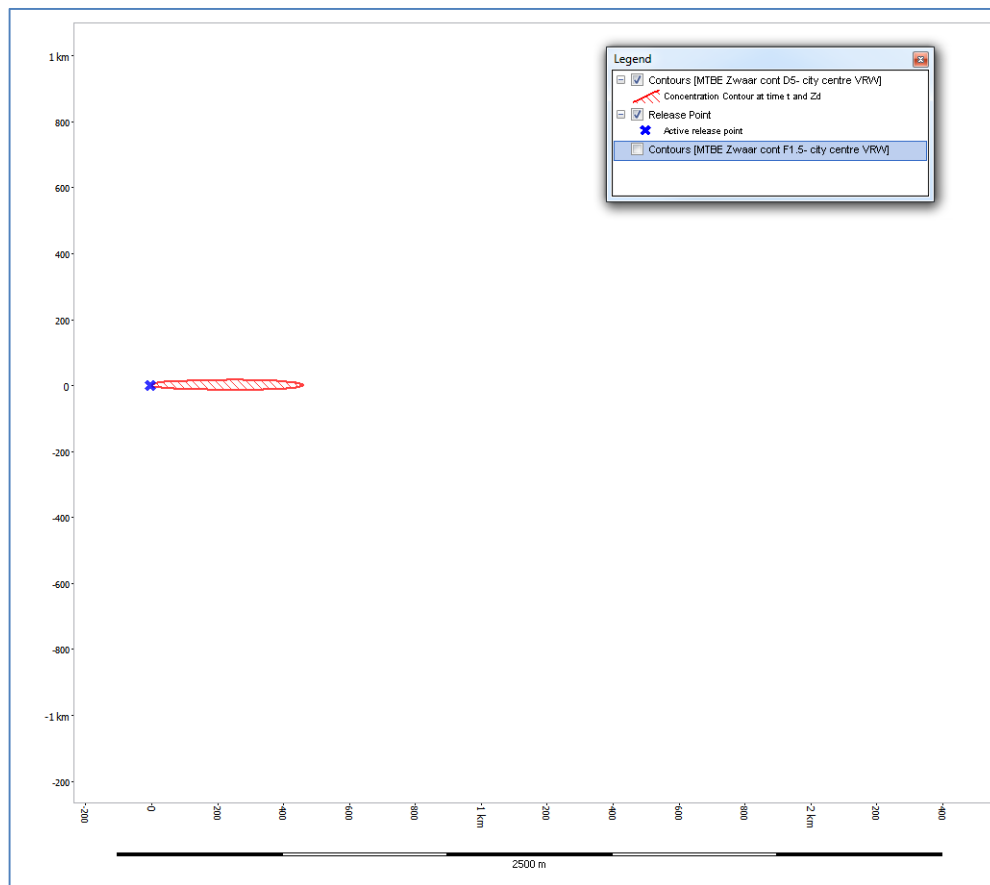
Figuur III.2 Concentratie contour- 120 kg/h- open flat terrain – D5- VRW (rood), AGW (blauw)



## City centre



*Figuur III.3 Concentratie contour- 120 kg/h- city centre – F1.5- VRW (rood), AGW (blauw), LBW (groen) LBW contour is erg klein (5 m lang) en valt weg onder de AGW contour (blauw).*



Figuur III.4 Concentratie contour- 120 kg/h- city centre – D5- VRW (rood)



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*