



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

## **Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid**

Module V – Buisleidingen  
Versie oktober 2020

## Colofon

© RIVM 2020

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.

### Contact:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)  
Centrum Veiligheid  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven

Helpdesk Omgevingsveiligheid

[omgevingsveiligheid@rivm.nl](mailto:omgevingsveiligheid@rivm.nl)

[safeti-nl@rivm.nl](mailto:safeti-nl@rivm.nl)

[carola@rivm.nl](mailto:carola@rivm.nl)





## Inhoudsopgave

### **Inleiding 8**

### **Module V, deel 1: Hogedruk aardgasleidingen 9**

#### **1 Inleiding 10**

#### **2 Rekenmethodiek 11**

- 2.1 Leidingtypen 11
- 2.1.1 Drooggasleidingen 11
- 2.1.2 Natgasleidingen 11
- 2.1.3 Hoogcalorisch gas 12
- 2.1.4 Zuurgasleidingen 12
- 2.2 Validatiegrenzen rekenpakket CAROLA 12

#### **3 Modelparameters 13**

- 3.1 Inleiding 13
- 3.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage 13
- 3.3 Modelleren van de scenario's 13
- 3.4 Rapportagespecifieke parameters 13
- 3.4.1 Invloed windturbines 13
- 3.5 Projectspectifieke parameters 13
- 3.5.1 Interessegebied 14
- 3.5.2 Kenmerken leidingenbestand 14
- 3.5.3 Voorzieningen beschadiging door derden 16
- 3.5.4 Risico reducerende voorzieningen corrosie 18

#### **4 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren 19**

- 4.1 Modelparameters (Hoofdstuk 3) 19

### **Module V, deel 2: Buisleidingen met aardolieproducten en brandbare vloeistoffen 23**

#### **5 Inleiding 24**

#### **6 Rekenmethodiek 25**

- 6.1 Leidingtypen 25

#### **7 Modelparameters 26**

- 7.1 Inleiding 26
- 7.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage 26
- 7.3 Rapportagespecifieke parameters 26
- 7.3.1 Positie van de uitstroming 26
- 7.3.2 Uitstrooiscenario's 26
- 7.3.3 Faalfrequenties 27
- 7.3.4 Modelleren van de scenario's 28
- 7.3.5 Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten 29
- 7.3.6 Ruwheidslengte van de omgeving 29
- 7.3.7 Meteorologische weerstation en parameters 29
- 7.3.8 Verkrijgen van realistische contouren 29

7.3.9	Voorbeeldstoffen	29
7.3.10	Invloed windturbines	30
<b>8</b>	<b>Risico reducerende voorzieningen</b>	<b>31</b>
8.1	Inleiding	31
8.2	Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden	31
8.3	Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden	32
8.3.1	Cluster 1 – Actief rappel	32
8.3.2	Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal	33
8.3.3	Cluster 3 – Beheervoorzieningen	33
8.3.4	Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld	33
8.3.5	Cluster 5 – Overige voorzieningen	33
8.3.6	Cluster 6 - Extra gronddekking	33
8.3.7	Cluster 7 - Wanddikte	34
8.4	Risico reducerende voorzieningen voor de overige faaloorzaken	34
8.4.1	Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie	34
8.4.2	Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie	34
<b>9</b>	<b>Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren</b>	<b>35</b>
<b>Module V, deel 3: Chemicaliënleidingen 40</b>		
<b>10</b>	<b>Inleiding</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>Kaders</b>	<b>42</b>
11.1	Stoffen	42
<b>12</b>	<b>Rekenmethodiek</b>	<b>43</b>
12.1	Uitstroomscenario's	43
12.2	Faalfrequenties	43
12.3	Modellering van de scenario's	44
12.4	Gebeurtenissenbomen	45
12.5	Modellering gassen	46
12.5.1	Modellering waterstof	46
12.6	Modellering tot vloeistof verdichte gassen	46
12.7	Modellering vloeistoffen	46
12.7.1	Brandbare vloeistof	46
12.7.2	Brandbare en giftige vloeistof – breuk	47
12.7.3	Brandbare en giftige vloeistof – lek	47
12.7.4	Giftige vloeistof	48
<b>13</b>	<b>Modelparameters</b>	<b>49</b>
13.1	Inleiding	49
13.2	Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage	49
13.3	Rapportagespecifieke parameters	49
13.3.1	Standaard te gebruiken instellingen	49
13.3.2	Drukverlies ten gevolge van afsluiters en bochten	49
13.3.3	Tijdsafhankelijke uitstroming	50
13.3.4	Meteorologisch weerstation en parameters	50
13.3.5	Invloed windturbines	50
13.4	Stofspecifieke parameters	50

13.4.1	Probitrelaties toxische stoffen	50
<b>14</b>	<b>Risico reducerende voorzieningen</b>	<b>51</b>
14.1	Inleiding	51
14.2	Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden	51
14.3	Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden	52
14.3.1	Cluster 1 – Actief rappel	52
14.3.2	Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal	52
14.3.3	Cluster 3 – Beheervoorzieningen	53
14.3.4	Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld	53
14.3.5	Cluster 5 – Overige voorzieningen	53
14.3.6	Cluster 6 – Extra gronddekking	53
14.3.7	Cluster 7 - Wanddikte	54
14.4	Risico reducerende voorzieningen voor de overige faaloorzaken	54
14.4.1	Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie	54
14.4.2	Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie	54
<b>15</b>	<b>Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren</b>	<b>55</b>
<b>Referenties</b>		<b>60</b>

## Inleiding

Deze module bevat basisrekenvoorschriften voor het opstellen van risico- en effectberekeningen voor milieubelastende activiteiten (onderdeel D.2.: Buisleiding met gevaarlijke stoffen, uit Bijlage VII van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)).

De voorschriften leggen de minimale eisen vast voor de berekeningen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico (aandachtsgebieden), die aansluiten bij de reële en (in het omgevingsplan of de vergunning) geborgde situatie. De invoer en de berekeningen zijn waar mogelijk gestandaardiseerd, en zijn naast de motivaties en uitvoer beschikbaar voor de afweging in het participatieproces.

In de toelichting op het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid is aanvullende informatie te vinden.

In alle gevallen adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten, zoals de meest recente interventiewaarden, probitrelaties en rekenmodellen.

In deel 1 van deze Module zijn de rekenvoorschriften voor ondergrondse aardgastransportleidingen beschreven. In deel 2 zijn de voorschriften voor leidingen met aardolieproducten en brandbare vloeistoffen opgenomen en in deel 3 de voorschriften voor chemicaliënleidingen.





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

## **Module V, deel 1: Hogedruk aardgasleidingen**

## 1 Inleiding

Dit deel beschrijft de uitgangspunten van de berekeningen met het rekenpakket CAROLA. Dit rekenpakket wordt gebruikt voor het verkrijgen van de plaatsgebonden risicoafstanden met betrekking tot ondergrondse aardgastransportleidingen.

## 2 Rekenmethodiek

### 2.1 Leidingtypen

Met het rekenpakket CAROLA kunnen risicoberekeningen worden uitgevoerd voor ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen. Het aardgas moet kunnen worden gekwalificeerd als één van de hieronder genoemde gassen: drooggas, natgas, hoog calorisch gas, en zuurgas (tot 4,3vol-% H<sub>2</sub>S). Wanneer dat niet het geval is, kunnen de risico's van de betreffende leidingen mogelijk niet worden bepaald met dit deel van Module V en met gebruikmaking van CAROLA. In plaats daarvan moeten de risico's worden bepaald op basis van de beste wetenschappelijke inzichten.

#### 2.1.1 Drooggasleidingen

Drooggasleidingen bevatten behandeld aardgas. Drooggas wil zeggen dat er bij -20 °C onder atmosferische druk geen vloeistoffractie meer afscheidt van het gas en een calorische onderwaarde van ten hoogste 36,4 MJ/m<sup>3</sup>.

#### 2.1.2 Natgasleidingen

Natgasleidingen zijn leidingen waarin, naast aardgas, onder andere ook condensaat in aanwezig is. Voor natgasleidingen met een Condensaat Gas Ratio (CGR) van maximaal 80<sup>1</sup> kan dezelfde methodiek als voor drooggasleidingen worden gehanteerd [1].

Voor het uitvoeren van risicoberekeningen voor leidingen met natgas met een CGR groter dan 80 moet specifiek worden onderzocht of het rekenpakket CAROLA hiervoor geschikt is. Als dit niet het geval blijkt, moet de berekeningen, afhankelijk van de eigenschappen van het natgas, worden uitgevoerd volgens deel 2 van deze Module: Buisleidingen met aardolieproducten of deel 3 van deze Module Buisleidingen met chemicaliën.

Voor drooggasleidingen wordt in de risicoberekening rekening gehouden met de faaloorzaken "beschadiging door derden" en "corrosie". Voor natgasleidingen is daarnaast de bijdrage "interne corrosie" onderkend als additionele faalfactor.

Er zijn twee randvoorwaarden waarbij de inschatting is gemaakt dat er geen significante bijdrage als gevolg van interne corrosie is te verwachten:

- Bij gebruik van duplex staal wordt interne corrosie uitgesloten en kan op gelijke wijze als voor de drooggasleidingen de faalfrequentie worden afgeleid;
- Indien koolstofstaal als materiaal wordt gebruikt, worden een corrosie-inhibitor en een corrosietoeslag op de wanddikte toegepast. De toegepaste corrosietoeslag in de wanddikte van de leiding mag niet worden meegenomen in de berekeningen van de faalfrequenties voor de faaloorzaken "beschadiging door derden" en "corrosie". Indien de toepassing van een corrosie-inhibitor niet consequent gebeurt, moet specifiek worden onderzocht wat de bijdrage van interne corrosie is. Het rekenpakket kan dan niet direct worden toegepast. Wanneer er specifieke voorzieningen genomen worden qua onderhoud en inspectie en door de exploitant kan worden aangetoond dat er geen wanddikteafname plaatsvindt, kan een uitzondering worden gemaakt voor het niet meenemen van de corrosietoeslag in de wanddikte. De

<sup>1</sup> Condensaat-Gas Ratio (CGR)  $\leq 80 \text{ m}^3 \text{ condensaat} / 10^6 \text{ Nm}^3 \text{ gas}$ .

Nederlandse Aardolie Maatschappij BV heeft dit voor haar leidingen inmiddels aangetoond [2, 3].

### 2.1.3 *Hoogcalorisch gas*

In CAROLA wordt standaard gerekend met zogenaamd H-gas (hoogcalorisch gas), met een dichtheid van 0,82 kg/m<sup>3</sup> en een calorische onderwaarde gelijk aan 36,4 MJ/m<sup>3</sup>.

### 2.1.4 *Zuurgasleidingen*

Zuurgasleidingen bevatten naast aardgas ook waterstofsulfide (H<sub>2</sub>S). Om te bepalen of voor zuurgasleidingen ook een giftig component in de risicoberekeningen moet worden beschouwd, moet het percentage H<sub>2</sub>S bekend zijn. Tot 12vol-% H<sub>2</sub>S kunnen de risico's worden bepaald met CAROLA. Indien het getransporteerde gas meer dan 12vol-% H<sub>2</sub>S bevat moeten ook de giftige eigenschappen worden beschouwd.

## 2.2 **Validatiegrenzen rekenpakket CAROLA**

Het rekenpakket CAROLA kan worden gebruikt voor ondergronds gelegen hogedruk aardgastransportleidingen met een diameter van 2 inch tot en met 48 inch. De gebruikte modellen zijn, strikt genomen, gevalideerd van 8 tot 100 bar, hoewel wordt verwacht dat de modellen tot minimaal 150 bar nog verantwoord kunnen worden toegepast.

Het CAROLA pakket kan echter rekenen met leidingen tot maximaal 300 bar. Voor leidingen met een druk groter dan 150 bar zou onder andere zwaar gas dispersie kunnen optreden (afhankelijk van de samenstelling van het gas) en voor deze drukken kan niet met zekerheid worden gesteld dat het CAROLA pakket een reële inschatting van de risico's geeft.

## 3 Modelparameters

### 3.1 Inleiding

Een risicoberekening met het rekenpakket CAROLA sluit aan bij de vastgestelde rekenmethodiek [1, 4]. Bij de uitvoering van de berekeningen moet een aantal keuzes worden gemaakt en een aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Deze parameters zijn van belang in de risicoberekeningen. Er wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

Categorie 1: Algemene parameters die de leidingexploitant en de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een berekening voor ondergrondse buisleidingen. Hoe de invloed van windturbines moet worden bepaald staat beschreven in paragraaf 3.4.1 en Module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.

Categorie 2: Projects specifieke parameters om de berekening in overeenstemming te brengen met locatiespecifieke omstandigheden. Dit zijn parameters die door de gebruiker in worden gevoerd of gegevens die door de leidingexploitant aan de gebruiker worden geleverd. Deze zijn beschreven in paragraaf 3.5.

### 3.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Voor de selectie van scenario's dient bij Module I aangesloten te worden.

### 3.3 Modelling van de scenario's

Voor ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen wordt ten minste het volgende scenario meegenomen [4], zie Tabel 3.1.

*Tabel 3.1 Scenario hogedruk aardgastransportleidingen.*

Scenario
Leidingbreuk

### 3.4 Rapportagespecifieke parameters

#### 3.4.1 Invloed windturbines

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. Het is echter momenteel niet mogelijk om in CAROLA de invloed van windturbines in de omgeving van ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen direct als parameter mee te nemen in de risicoberekeningen. De methodiek om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in Module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid [5]. De invloed van windturbines op buisleidingen dient meegenomen te worden wanneer de buisleiding zich binnen de maximale werpafstand van de windturbine bevindt.

### 3.5 Projects specifieke parameters

De parameters in deze categorie kunnen worden gewijzigd om de berekening in overeenstemming te brengen met de specifieke omstandigheden van de buisleiding en de omgeving.

### 3.5.1 *Interessegebied*

Het interessegebied is het gebied waar een ruimtelijke ontwikkeling langs een buisleiding geprojecteerd wordt/is, of waar een aanpassing van een bestaande of een nieuwe buisleiding gepland is. Het interessegebied moet passen binnen een vierkant van  $10 \times 10 \text{ km}^2$ .

### 3.5.2 *Kenmerken leidingenbestand*

Het leidingenbestand is opgebouwd uit rijen waarin de relevante leidingkenmerken zijn opgenomen. Deze kenmerken met hun bijbehorende toegestane waarden zijn gegeven in Tabel 3.2.

*Tabel 3.2 Opbouw leidingbestand.*

Kenmerken	Toegestane waarden
x-coördinaat	Rijksdriehoekscoördinaat
y-coördinaat	Rijksdriehoekscoördinaat
Stationing (m)	afstand vanaf het begin van de leiding
Diameter (mm)	50 – 1234
Druk (barg)	16 – 300
Wanddikte (mm)	2 – 40
Rekgrens (N/mm <sup>2</sup> )	180 – 552
Diepteligging (m)	0 – 30
Charpy energie (J)	14; 24; 40; 70
Extra gronddekking (m)	0 – 30
Nummer van voorziening uit cluster 2	20 – 29
Nummer van voorziening uit cluster 3	30 – 39
Nummer van voorziening uit cluster 4	40 – 49
Nummer van voorziening uit cluster 5	50 – 59

#### Opmerkingen:

- Voor nieuwe leidingen mag het effect en risico voor een individuele leiding alleen worden gebaseerd op de parameters diameter, druk, wanddikte, rekgrens, diepteligging en Charpy energie. De invloed van eventueel toegepaste voorzieningen uit cluster 2, 3, 4 en 5 mogen niet in de berekeningen worden verdisconteerd.
- Als decimaalteken wordt in CAROLA een punt ( . ) gebruikt, als scheidingstekens tussen de kolommen met kenmerken kunnen spaties, komma's of tabs worden gebruikt.
- De stationing is een kenmerk van elke leidingcoördinaat. Deze geeft aan wat de afstand is van het beginpunt van de leiding tot de betreffende leidingcoördinaat in het horizontale vlak:

$$S_{i+1} = S_i + \sqrt{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2} \quad (3.1)$$

De stationing voor elke coördinaat staat hierdoor vast en is in principe onafhankelijk van een gemaakte uitsnede uit het leidingenbestand van de leidingenexploitant.

- Het PR van een leiding met in de tijd afnemende druk wordt voor één situatie vastgesteld.
  - Voor nieuwe leidingen is het uitgangspunt de ontwerpdruk (maximale werkdruk);
  - Voor bestaande leidingen kunnen de volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- Aansluiten bij het uitgangspunt voor nieuwe leidingen en uitgegaan van de ontwerpdruk (conservatief).;
- De actuele (maximale) druk in de leiding. Hierbij moet geborgd zijn dat in de toekomst de druk ook niet meer hoger kan worden door bijvoorbeeld aansluiting op een nieuw veld. Bij leidingen waarbij additionele drukveiligheden worden toegepast zou ook de maximale druk kunnen worden gebruikt die toegelaten wordt door de additionele veiligheden.
- De voorziening 'extra gronddekking' wordt aangegeven door de leidingexploitant in meters en wordt door het rekenpakket meegenomen in de berekening van de faalfrequentie (voor de randvoorwaarden, zie paragraaf 4.1). Deze voorziening wordt aangegeven als een discrete waarde van (een veelvoud van) 0,10 meter.
- De diepteligging en de extra gronddekking hebben een positieve waarde voor ondergrondse leidingen.
- Voor de diepteligging voor de berekeningen wordt 0,05 meter als minimum en 2,0 meter als maximum gehanteerd, ongeacht eventuele afwijkende waarden in het leidingenbestand. De diepteligging die in de berekening wordt gebruikt, is een combinatie van de diepteligging en de extra diepteligging die als voorziening kan worden opgenomen, waarbij bovenstaande maximum wordt gehanteerd.
- Dekkingsovergangen van 20 cm of meer dienen te worden meegenomen in de berekeningen. Tevens dienen dekkingsovergangen van 10 cm of meer die over een leidingafstand van 50 meter of meer stand houden te worden meegenomen.
- In het rekenpakket zijn de bekende combinaties van druk en diameter opgenomen. In geval dat een combinatie van druk en diameter niet aanwezig is, kan bij het RIVM een aanvraag worden ingediend om deze op te nemen in de achterliggende tabellen van het rekenpakket.
- Alle buisleidinginformatie, samen met de naam van de leidingexploitant, versienummer van het rekenpakket en de vervaldatum, zijn opgeslagen in een gecodeerd bestand, dat door de gebruikers niet gelezen en gewijzigd kan worden. Het gecodeerde bestand bevat tevens een specificatie van het interessegebied. Het gecodeerde bestand wordt gebruikt als invoer voor het rekenpakket.

Het is van belang dat de leiding op een gedegen manier in kaart wordt gebracht, met name als het gaat om de specifieke ligging van het tracé (x- en y-coördinaten) en de parametrisering van de leiding per coördinaat (diameter, druk, wanddikte, staalsoort, dekking, etc.).

De benodigde (x,y)-coördinaten van een leiding worden door de leidingexploitant aangeleverd. Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met de variërende locatiespecifieke leidingkenmerken over een leiding. Wanneer er een verandering optreedt in diameter, druk, wanddikte, staalsoort of dekking van de leiding, moet er een nieuwe coördinaat met bijbehorende kenmerken opgenomen zijn. Ook bij bochten of wanneer er een wijziging is in genomen/te nemen ten aanzien van locatiespecifieke voorzieningen moeten er nieuwe coördinaten zijn opgenomen. Een overgang in een kenmerk van een leiding vindt plaats op die coördinaat waar de waarde van het kenmerk afwijkt van de waarde van het kenmerk op de voorgaande coördinaat. De kenmerken worden tussen twee opvolgende coördinaten dus niet geïnterpoleerd.

### 3.5.3 *Voorzieningen beschadiging door derden*

Voor hogedruk aardgastransportleidingen kan een aantal voorzieningen<sup>2</sup> worden toegepast om het risico terug te brengen. De voorzieningen uit deze paragraaf grijpen in op de voornaamste faaloorzaak van aardgastransportleidingen, namelijk 'beschadiging door derden'. In het RIVM-rapport [4] worden de voorzieningen uitgebreid beschreven. De randvoorwaarden worden genoemd in de Hoofdstuk 4 van deze Module. Hieraan moet worden voldaan wil de reductiefactor voor een voorziening kunnen worden ingeboekt. De leidingexploitant is verantwoordelijk voor het opnemen van eventuele voorzieningen in het leidingenbestand en zijn Veiligheids Beheersysteem (VBS) en Risico Managementsysteem (RMS).

Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één voorziening gekozen worden per cluster. Deze voorzieningen zijn voor de clusters 2 – 5 genummerd van 0 – 9, wat leidt tot een nummering van de voorzieningen van 20 tot 59. De factor voor de clusters 2 tot en met 4 wordt de factor van de gekozen voorziening. Voor cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Als voor de clusters 2, 3, 4 en 5 geen voorzieningen worden genomen, zijn de nummers in het buisleidingenbestand voor deze clusters 20, 30, 40 en 50, respectievelijk, en de bijbehorende reductiefactoren zijn dan gelijk aan 1.

#### 3.5.3.1 Cluster 1 – regelgeving en casuïstiek

De voorzieningen in cluster 1 betreffen de grondroerdersregeling (wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken, WIBON [6]) (A), de reductie in de basisfaalfrequentie op basis van casuïstiek (B) en actief rappel (C).

Bij het aanmaken van het leidingbestand moet de juiste exploitant gekozen worden.

In Tabel 3.3 worden per leidingexploitant de waarden weergegeven. De waarden uit de tabel zijn opgenomen in versie 1.3 van het CAROLA Parameterbestand.

<sup>2</sup> In de rapportage van de berekening in CAROLA worden voorzieningen aangeduid met 'maatregel'.



Tabel 3.3 Overzicht van exploitantspecifieke factoren voor verschillende leidingexploitanten.

Exploitant	Cluster 1B Casuïstiek	Cluster 1C Actief rappel	Voorziening en corrosie	Referentie
Alliander	1,000	1,000	1,000	
BBL Company VOF	0,357	0,833	0,000	[4] , [7]
DELTA Netwerkbedrijf BV	1,000	0,833	0,000	
Essent	1,000	0,833	0,000	
GDF SUEZ E&P Nederland BV	1,000	1,000	1,000	
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV	1,000	0,833	0,000	[2, 3]
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV – ONEGas	1,000	0,833	0,000	[2, 3]
Noordgastransport BV	1,000	1,000	1,000	
Northern Petroleum Nederland BV	1,000	0,833	1,000	
NV Nederlandse Gasunie	0,357	0,833	0,000	[4] , [7]
NV Nuon	1,000	0,833	1,000	
RWE Westfalen-Weser-Ems Netzservice GmbH	1,000	1,000	1,000	
TAQA Energy BV	1,000	1,000	1,000	
Vermilion Oil & Gas Netherlands BV	1,000	1,000	1,000	
Wintershall Noordzee BV	1,000	0,833	1,000	
Zebra Gasnetwerk BV	1,000	0,833	0,000	
Tulip Oil Netherlands BV	1,000	1,000	1,000	

### 3.5.3.2 Cluster 2 – afdekking met beschermend materiaal

Dit betreffen voorzieningen waarbij er een ondergrondse afdekking plaatsvindt van de te beschermen leiding.

- 20. geen
- 21. waarschuwing lint
- 22. beschermplaten
- 23. waarschuwing lint + beschermplaten
- 27. waarschuwing lint + beschermplaten | voorgesteld
- 28. beschermplaten | voorgesteld
- 29. waarschuwing lint | voorgesteld

### 3.5.3.3 Cluster 3 – beheervoorzieningen

Beheervoorzieningen betreffen beperkingen aan of uitsluiting van graafwerkzaamheden door middel van een beheerovereenkomst met de grondeigenaar.

- 30. geen
- 31. overeenkomst, vergaande restricties
- 32. overeenkomst, graven/boren verboden
- 33. overeenkomst, beperkte restricties
- 37. overeenkomst, beperkte restricties | voorgesteld
- 38. overeenkomst, grondroeren verboden | voorgesteld
- 39. overeenkomst, vergaande restricties | voorgesteld

#### 3.5.3.4 Cluster 4 – fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen voorzieningen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd.

- 40. geen
- 41. hekwerk
- 42. dijklichaam
- 43. barrière op het maaiveld
- 47. barrière op het maaiveld | voorgesteld
- 48. dijklichaam | voorgesteld
- 49. hekwerk | voorgesteld

#### 3.5.3.5 Cluster 5 – overige voorzieningen

De risico reducerende voorzieningen in cluster 5 betreffen voorzieningen die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Voor cluster 5 kan één voorziening worden geselecteerd. De factoren voor de voorziening in cluster 5 zijn afhankelijk van de parameterwaarden voor A en C, zoals omschreven in cluster 1. De volgende formule geldt:

- 50. geen -
- 51. strikte begeleiding werkzaamheden
- 52. cameratoezicht
- 58. cameratoezicht | voorgesteld
- 59. strikte begeleiding werkzaamheden | voorgesteld

#### 3.5.4 *Risico reducerende voorzieningen corrosie*

De standaard faalfrequenties voor corrosie worden gecorrigeerd gegeven de leidingexploitant.

Wanneer er specifieke risico reducerende voorzieningen genomen worden qua onderhoud en inspectie en door de exploitant kan worden aangetoond dat er geen externe corrosie plaatsvindt, hoeft de bijdrage van corrosie niet meegenomen te worden in de berekeningen. Dit kan bijvoorbeeld door coatinginspecties en pig-operaties. De inspectiefrequentie en de identificatie van de leidingstukken waar specifiek het inspectieprogramma op wordt toegespitst wordt overgelaten aan de exploitant [4]. Voorwaarde is wel dat dit binnen het zorgsysteem/inspectieprogramma aantoonbaar moet zijn geborgd.

## 4 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

### 4.1 Modelparameters (Hoofdstuk 3)

#### *Risico reducerende voorzieningen beschadiging door derden*

Hieronder worden de randvoorwaarden bij de verschillende Risico reducerende voorzieningen gegeven.

#### **Extra gronddekking**

Randvoorwaarde bij deze Risico reducerende voorziening is dat de dekking aan weerszijden van de leiding effectief moet zijn. De dekking moet zodanig zijn aangebracht dat verwacht mag worden dat een grondroerder die loodrecht op de leiding graaft, het maaiveld blijft volgen en niet de extra gronddekking negeert door het niveau op graafdiepte aan te houden. Als leidraad geldt dat bij een extra gronddekking tot 20 centimeter de extra dekking over minimaal 10 meter aan weerszijden van de leiding moet worden aangebracht. Bij een extra gronddekking groter dan 20 centimeter moet de extra dekking minimaal over de belemmerde strook worden aangebracht.

#### **Cluster 1**

1A WIBON wetgeving

- De randvoorwaarden worden in de WIBON gegeven [6].

1B Casuïstiek

De procedure hiervoor wordt beschreven in [8].

1C Actief rappel

- De exploitant moet binnen 10 werkdagen na de melding met de grondroerder contact opnemen als hij dat nog niet heeft gedaan.

#### **Cluster 2**

21 Waarschuwingslint, 22 Beschermplaten, 23 Waarschuwingslint en beschermplaten.

- De minimumafstand tussen een leiding en het beschermende materiaal en de breedte van de afdekking moet in een standaarddocument worden vastgelegd. De combinatie van beide factoren (beschermend materiaal en de afstand tussen het materiaal en de leiding) moet dusdanig zijn dat ook bij toepassing van de grootste graafmachines die op dat moment worden gehanteerd, de afdekking effectief is en de leiding niet wordt geraakt.
- De sterkte en geschiktheid van afwijkende materialen of constructies moet worden aangetoond door middel van veldtesten. Uitgangspunt is dat veldtesten op dezelfde wijze worden uitgevoerd als de veldtesten die zijn uitgevoerd voor de reductiefactor voor beschermplaten [9]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid<sup>3</sup>.
- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt moet hierover met de andere leidingexploitanten worden overlegd.
- Deze voorziening kan alleen worden toegepast wanneer de leidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze

<sup>3</sup> Indien in alle experimenten de voorziening effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de voorziening voor één experiment niet effectief was. Deze aanname is nodig omdat met een beperkt (n) aantal testen niet kan worden uitgesloten dat de (n+1)<sup>de</sup> test tot falen leidt.

voorziening. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

### **Cluster 3**

#### **31 Overeenkomst, vergaande restricties**

- De grond wordt uit gebruik genomen door het pachten van de grond of door een strikte beheerovereenkomst die alle gebruik van de grond uitsluit.
- Het betreffende deel van de grond wordt afgerasterd.
- Er wordt markering toegepast.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.
- Aanvragen voor graafwerkzaamheden door de eigenaar en derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt, moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.
- Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, levert de overeenkomst hooguit de reductiefactor op van een overeenkomst waarbij graven/boren verboden is.

#### **32 Overeenkomst, graven/boren verboden**

- Bij een overeenkomst waarbij grondroerende activiteiten worden uitgesloten, is het gebruik van de grond als bijvoorbeeld weidegebied toegestaan. Het gebruik als bijvoorbeeld parkeer- of opslagterrein is ook mogelijk, maar dan moeten voor de realisatie hiervan geen graafwerkzaamheden nodig zijn.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.
- Aanvragen voor graafwerkzaamheden door derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding van een graafactiviteit moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt, moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.
- Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, levert de overeenkomst hooguit de reductiefactor op van een overeenkomst met beperkte restricties.

#### **33 Overeenkomst, beperkte restricties**

- Bij een overeenkomst met beperkte restricties zijn grondroerende activiteiten niet helemaal uitgesloten, maar worden wel beperkingen opgelegd voor de diepte van bewerking van de grond.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

#### **Cluster 4**

##### 41 Hekwerk

- Een hekwerk moet voorkomen dat de directe omgeving rond de leiding kan worden betreden. Indien een hekwerk alleen het gebied in de nabijheid van de leiding omsluit, maar dat het gebied verder vrij eenvoudig kan worden betreden, moet een hekwerk worden gezien als markering.
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

##### 42 Dijklichaam

- De ophoging ten opzichte van het maaiveld is minimaal één meter hoog en deze hoogte moet ook worden onderhouden. Een andere optie is om een dijklichaam van 50 cm hoog te creëren, maar dan moet het dijklichaam worden omsloten door een (metalen) net dat genoeg weerstand kan bieden, als er toch gegraven mocht worden.
- De ophoging moet aaneengesloten zijn over het betreffende leidingstuk waarvoor de voorziening wordt toegepast. Omdat niet kan worden voorkomen dat er toch wegen etc. moeten worden gekruist, wordt als richtwaarde aangehouden dat minimaal 98% van het betreffende leidingstuk door een dijklichaam moet worden beschermd. Als minder dan 98% van het leidingstuk wordt beschermd, moet in een risico en effectrapportage specifiek rekening worden gehouden met de onderbrekingen. Het deel dat niet door het dijklichaam wordt beschermd, moet op een andere manier worden beschermd, bijvoorbeeld door een wegverharding. Ook moet aan het begin en eind van de onderbreking extra markering worden geplaatst.
- De voorziening moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

##### 43 Barrière op maaiveld

- De afstand tussen de barrière en de leiding moet beperkt zijn tot één à twee meter van de leiding.
- Losstaande paaltjes mogen maximaal 20 cm van elkaar geplaatst worden.
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

#### **Cluster 5**

##### 51 Strikte begeleiding werkzaamheden

- Bij een melding neemt de leidingexploitant zelf direct contact op met de daadwerkelijke uitvoerder van de werkzaamheden. Bij dit contact worden werkafspraken gemaakt die schriftelijk worden vastgelegd. Tot het moment dat er contact wordt gelegd met de uitvoerder moet de leidingexploitant dagelijks de situatie ter plekke controleren.
- Indien er tussen de melding en de aanvang van de werkzaamheden meer dan een week zit, moet de leidingexploitant elke week (tot aanvang van de werkzaamheden) contact opnemen met de uitvoerder van de werkzaamheden.

- Als de werkzaamheden langer dan een week duren, moet wekelijks (totdat de werkzaamheden zijn afgerond) een extra inspectie ter plaatse plaatsvinden door de leidingexploitant.
- Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.
- Het moet voor degene die bij de leidingexploitant de melding van de werkzaamheden afhandelt direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een strikte begeleiding van toepassing is. Dit zal in de procedure voor de afhandeling van de meldingen moeten worden geborgd.

#### 52 Cameratoezicht

- Het toezicht moet continu zijn.
- Het toezicht moet mogelijk zijn over het gehele leidingstuk waarvoor de reductiefactor wordt toegepast.
- Bij constatering van (voorbereidingen van) werkzaamheden nabij de leiding moet binnen enkele minuten ingegrepen kunnen worden om de werkzaamheden stil te leggen.
- Er moet een terugkoppeling zijn van gemelde werkzaamheden richting de toezichthouder, zodat er geen valse alarmen ontstaan.



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

## **Module V, deel 2: Buisleidingen met aardolieproducten en brandbare vloeistoffen**

## 5 Inleiding

In dit deel van deze Module wordt voor ondergrondse buisleidingen met aardolieproducten en brandbare vloeistoffen, beschreven op welke wijze een risico- en effectberekening moet worden uitgevoerd. Voor de berekeningen wordt het rekenpakket Safeti-NL [10] gebruikt. De leidingen in dit deel van de Module worden aangeduid als '*buisleidingen met aardolieproducten*'. Niet alle brandbare vloeistoffen vallen onder Module V, deel 2, aangezien sommige brandbare vloeistoffen op basis van hun vlampunt en kookpunt onder Module V, deel 3 vallen (chemicaliënleidingen, zie paragraaf 6.1).



## 6 Rekenmethodiek

### 6.1 Leidingtypen

In het rekenpakket Safeti-NL kunnen berekeningen worden uitgevoerd voor leidingen met verschillende soorten aardolieproducten. De methodiek zoals beschreven in deze module kan enkel worden toegepast voor het uitvoeren van berekeningen voor ondergrondse transportleidingen met aardolieproducten. Onder aardolieproducten worden verstaan: aardolie, aardgasolie, vloeibare aardolieproducten en derivaten en voor zover deze brandbare vloeistof geen componenten bevat in hoeveelheden met giftige of explosieve effecten.

In deze rekenmethodiek worden aardolieproducten op basis van hun vlampunt onderverdeeld in de volgende drie categorieën:

- Categorie I - Aardolieproducten waarbij de brandbare vloeistof een vlampunt heeft tot 296 K (23 °C). Uitzondering hierop zijn de brandbare vloeistoffen met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C).
- Categorie II - Aardolieproducten waarbij de brandbare vloeistof een vlampunt heeft gelijk aan of boven 296 K (23 °C) en ten hoogste 328 K (55 °C).
- Categorie III - Aardolieproducten waarbij de brandbare vloeistof een vlampunt heeft boven 328 K (55°C) en ten hoogste 373 K (100 °C).

Brandbare vloeistoffen met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C) vallen onder Module V, deel 3.

## 7 Modelparameters

### 7.1 Inleiding

Er wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

- Parameters die de gebruiker kan wijzigen om de berekening in overeenstemming te brengen met de leidingspecifieke en locatiespecifieke omstandigheden. Dit zijn de rapportagespecifieke parameters en deze zijn beschreven in paragraaf 7.3. Hoe de invloed van windturbines moet worden bepaald staat beschreven in paragraaf 7.3.10 en Module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.
- Parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een berekening in Nederland. Deze zijn niet opgenomen in deze Module. Deze parameters zijn vastgelegd in het softwarepakket.

### 7.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Voor de selectie van scenario's dient bij Module I aangesloten te worden.

### 7.3 Rapportagespecifieke parameters

De parameters in deze categorie kunnen gewijzigd worden om de berekening in overeenstemming te brengen met de specifieke omstandigheden van de ondergrondse leiding.

#### 7.3.1 *Positie van de uitstroming*

Aan elk scenario is een positie van de uitstroming gekoppeld. De positie wordt bepaald door de locatie (x, y) ten opzichte van de omgeving. Voor het uitstroomdebiet is ook de lengte van de leiding van belang.

Om voor lange transportleidingen met aardolieproducten een representatieve risicocontour te krijgen, wordt gebruik gemaakt van het route model. Hierbij wordt de afstand tussen ongevalslocaties ('spacing of events') zodanig klein gekozen dat een representatieve risicocontour ontstaat.

#### 7.3.2 *Uitstroombesonderheden*

Voor ondergrondse leidingen met vloeibare aardolieproducten worden twee typen uitstroombesonderheden onderscheiden, namelijk breuk van een leiding en lekkage uit een leiding. Ten minste dient het scenario 'breuk' te worden meegenomen in de berekeningen.

##### 7.3.2.1 Breuk

In geval van een breuk zal er een uitstroom plaatsvinden richting het maaiveld. Er wordt aangenomen dat de vrijkomende vloeistof bovengronds komt en zich daar verspreidt. De volgende bijdragen aan de uitstroming komen bovengronds.

1. De vloeistof die vrijkomt binnen de sluittijd van de pomp.

Deze hoeveelheid wordt berekend door de afslagtijd van de pomp te vermenigvuldigen met het pompdebiet. De afslagtijd van de pomp dient leiding specifiek te worden vastgesteld. Hierbij kan rekening worden gehouden met de aanname dat na 1800 seconden ingrijpen succesvol is.

2. Uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof.

Door afname van de druk in de leiding zal de samengedrukte vloeistof uitzetten. De toename van het volume wordt berekend met de formule:

$$V_e = \pi/4 \times D^2 \times L \times P \times C_e \quad (7.1)$$

met:

$V_e$	volume toename van het product	(m <sup>3</sup> )
$D$	inwendige diameter van de buisleiding	(m)
$L$	leidinglengte tussen pompen of pomp en het einde van de leiding	(m)
$P$	werkdruk ter plaatse van de breuk	(Pa)
$C_e$	compressibiliteit van het product	(m <sup>2</sup> /N)

Wanneer een leiding gevuld is, zonder dat er verpompt wordt, zal bij breuk van de leiding alleen sprake zijn van uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof ( $V_e$ ).

Voor de compressibiliteit van het product dient de stof specifieke waarde gebruikt te worden. Indien deze niet bekend is, kan uitgegaan worden van  $0,88 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{N}$ .

Aanbevolen wordt om in voorkomende gevallen rekening te houden met nalevering ten gevolge van een hellende leiding en extra uitstroom uit een leiding ten gevolge van terugstroming vanuit ontvangende opslag tanks.

7.3.3

*Faalfrequenties*

De faalfrequenties voor een leiding gelden voor de leiding inclusief flenzen, lassen en kleppen en exclusief pompen. De scenario's en frequenties voor ondergrondse aardolieleidingen zijn gegeven in Tabel 7.1. De verdeling in faaloorzaken is gegeven in Tabel 7.2 [11].

*Tabel 7.1 Scenario voor buisleidingen met aardolieproducten.*

Scenario	Faalfrequentie (km <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> )
Breuk van de leiding	$1,5 \times 10^{-4}$

*Tabel 7.2 Faaloorzaakverdeling voor het scenario breuk voor buisleidingen met aardolieproducten.*

Faaloorzaak	Faalfrequentie	Aandeel (%)
Beschadiging door derden	$7,19 \times 10^{-5}$	47,9
Mechanisch	$3,23 \times 10^{-5}$	21,5
Inwendige corrosie	$5,71 \times 10^{-6}$	3,8
Uitwendige corrosie	$1,72 \times 10^{-5}$	11,5
Natuurlijke oorzaken	$9,15 \times 10^{-6}$	6,1
Operationeel/overig	$1,38 \times 10^{-5}$	9,2
<b>Totaal</b>	<b><math>1,5 \times 10^{-4}</math></b>	<b>100</b>

Opmerkingen:

- De breukfrequentie is generiek bepaald voor alle relevante buisleidingen met aardolieproducten in Nederland.
- De diepteligging mag worden verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [11, 12]. De gecorrigeerde faalfrequentie is:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \frac{\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}}}{\text{factor}} \quad (7.2)$$

$$(7.3)$$

$$\text{Factor} = e^{-2,4 \times (0,84 - z)}$$

waarbij:

$z$  = diepteligging (m).

Dekkingsovergangen van 20 cm of meer dienen te worden meegenomen in de berekeningen. Tevens dienen dekkingsovergangen van 10 cm of meer die over een leidingafstand van 50 meter of meer stand houden te worden meegenomen. Hiervan mag worden afgeweken indien bij gebruikmaking van een conservatief gekozen diepteligging geen knelpunten ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor buisleidingen in landelijk gebied. Hiervoor hoeft pas nauwkeurig te worden gerekend wanneer mogelijk een knelpunt kan ontstaan.

De faalfrequentie voor leidingen die voldoen aan de 'stand der techniek' zijn te vinden in Tabel 8.1. De voorwaarden hiervoor zijn te vinden in Hoofdstuk 9.

#### 7.3.4 Modelling van de scenario's

Voor de berekening van risico's en effecten dient een *Pool fire* model gebruikt te worden. De buisleiding dient als route ingevoerd te worden. Vervolgens moet een *Standalone Pool fire* worden toegevoegd. Het volume van de plas wordt bepaald aan de hand van de bijdragen zoals genoemd in paragraaf 7.3.2. De ondergrond waarop de vloeistof bovengronds uitstroomt, is van belang voor het bepalen van de effecten van een uitstroom. Voor een uitstroom wordt een standaardwaarde voor de plashoogte aangehouden van 0,05 meter. Dit kan worden gemodelleerd door een *Pool fire* te kiezen met een diameter volgens de formule:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{V}{\pi \times h}} \quad (7.4)$$

waarbij:

$d$  diameter van de plas (m)  
 $V$  totale uitstroomvolume van het product (m<sup>3</sup>)  
 $h$  plashoogte, standaard 0,05 meter (m)

De kans op directe en vertraagde ontsteking is afhankelijk van de stofcategorie. De waarden voor ondergrondse transportleidingen zijn gegeven in Tabel 7.3.

Tabel 7.3 Ontstekingskansen.

Vloeistof categorie	P <sub>totaal</sub>	P <sub>direct</sub>	P <sub>vertraagd</sub>
I	1	0,065	0,935
II	0,01	0,01	0
III	0,01	0,01	0

Opmerkingen:

- Voor de mee te nemen frequentie voor de *Pool fire* geldt dat de frequentie uit Tabel 7.1 (of Tabel 8.1 indien de leiding voldoet aan de

stand der techniek) moet worden vermenigvuldigd met de van toepassing zijnde totale ontstekingskans uit Tabel 7.3. De event spacing moet zo worden gekozen dat een nette, aan de leiding evenwijdige contour wordt verkregen.

- De combinatie van de frequentie uit Tabel 7.1 (of Tabel 8.1) en de ontstekingskans uit Tabel 7.3 leidt voor vloeistoffen categorie II en III in de regel niet tot een PR  $10^{-6}$  risicocontour.

### 7.3.5 *Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten*

In de berekening wordt standaard geen rekening gehouden met drukverlies in een leiding ten gevolge van de aanwezigheid van kleppen, verbindingen en bochten.

### 7.3.6 *Ruwheidslengte van de omgeving*

De ruwheidslengte is niet van invloed op de effecten en risico's van een plasbrand. Een waarde van 0,1 m kan gebruikt worden.

### 7.3.7 *Meteorologische weerstation en parameters*

Het meteorologische weerstation dat qua ligging representatief is voor de buisleiding moet worden gekozen. De gebruiker heeft de keuze uit de weerstations zoals gegeven in Tabel 7.4.

*Tabel 7.4 Meteorologische weerstations.*

<b>Naam</b>				
Beek	Eindhoven	Leeuwarden	Twente	Woensdrecht
Deelen	Gilze-Rijen	Rotterdam	Valkenburg	Ypenburg
Den Helder	Hoek van Holland	Schiphol	Vlissingen	
Eelde	IJmuiden	Soesterberg	Volkel	

### 7.3.8 *Verkrijgen van realistische contouren*

De event spacing moet zo worden gekozen dat een nette, aan de leiding evenwijdige contour wordt verkregen. Het maximum aantal events dat op een route berekend kan worden is 5000.

### 7.3.9 *Voorbeeldstoffen*

Wanneer de getransporteerde vloeibare aardolieproducten een samenstelling zijn van meerdere stoffen kan bij de berekeningen een voorbeeldstof worden gebruikt. In Tabel 7.5 wordt voor de verschillende categorieën stoffen aangegeven wat de representatieve stof is en welke voorbeeldstof gebruikt is. Deze voorbeeldstoffen hebben hun vlampunt in het midden van het vlampuntgebied van de betreffende vloeistofcategorie.

*Tabel 7.5 Keuze voorbeeldstoffen voor vloeibare aardolieproducten.*

<b>Vloeistof categorie</b>	<b>Vlmpunt (°C)</b>	<b>Represen- tatieve stof</b>	<b>Voorbeeldst of</b>	<b>Dichtheid voorbeeldstof (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vlmpunt voorbeeldstof (°C)</b>
I	0 – 23	Benzine	n-octaan	703	12
II	23 – 55	Kerosine	n-nonaan	718	31
III	> 55	Gasolie			

Opmerking:

- Aangezien de ontstekingskansen voor de categorieën II en III gelijk zijn, zijn deze samengevoegd. De berekende risico's voor categorie III zijn hierdoor conservatief.

#### *7.3.10 Invloed windturbines*

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. Een methodiek om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in Module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid [5]. De invloed van windturbines op buisleidingen dient meegenomen te worden wanneer de buisleiding zich binnen de maximale werpafstand van de windturbine bevindt.

## 8 Risico reducerende voorzieningen

### 8.1 Inleiding

Risico reducerende voorzieningen bieden de mogelijkheid om de risico's van een buisleiding te verlagen. De in dit hoofdstuk beschreven aanvullende risico reducerende voorzieningen zijn geldend voor alle ondergrondse buisleidingen met aardolieproducten. Uitgezonderd zijn<sup>4</sup>:

- "Hot Lines" met een bedrijfstemperatuur boven de 100 °C. Hieronder vallen buisleidingen met zware 'crude oils' en producten zoals was, lubricants en bitumen waarbij de producten worden verwarmd en worden vervoerd in zwaar geïsoleerde buisleidingen of waarbij het leidingstelsel externe warmtebronnen heeft om de viscositeit van het product te verlagen of waarbij als gevolg van exploratie de gewonnen producten een temperatuur bezitten boven de 100 °C;
- Kunststofleidingen.

Om een reductiefactor te kunnen toepassen, moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. De randvoorwaarden worden genoemd in Hoofdstuk 9. In overleg met het bevoegd gezag dient bepaald te worden welke overige voorzieningen getroffen worden en welke factoren aan deze voorzieningen worden toegekend.

De risico reducerende voorzieningen die in dit hoofdstuk worden beschreven, beperken de kans op falen. Maatregelen die de effecten beperken, worden niet beschreven, maar dienen wel beschouwd te worden in de berekeningsmethodiek. Het betreft met name voorzieningen die het falen van de leiding detecteren en daarop ingrijpen, waardoor de uitstroomduur kan worden beperkt (bijvoorbeeld drukbeveiligingen).

### 8.2 Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden

Voor buisleidingen die aan de stand-der-techniek-voorwaarden voldoen (zie Tabel 9.1), mogen de faalfrequentie en faaloorzaakverdeling van Tabel 8.1 worden toegepast. Wanneer een specifieke faaloorzaak niet nader is onderzocht of wanneer niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 7.2 genoemde faalfrequentie te worden gebruikt.

<sup>4</sup> Voor deze leidingen zijn de in deze module opgenomen faalfrequenties ook niet van toepassing.

Tabel 8.1 Faalfrequentie en faaloorzaakverdeling voor het scenario breuk voor buisleidingen met aardolieproducten die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden.

Faaloorzaak	Faalfrequentie (km <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> )	Aandeel (%)
Beschadiging door derden	17,7 × 10 <sup>-6</sup>	47,9
Mechanisch	7,96 × 10 <sup>-6</sup>	21,5
Inwendige corrosie	1,41 × 10 <sup>-6</sup>	3,8
Uitwendige corrosie	4,25 × 10 <sup>-6</sup>	11,5
Natuurlijke oorzaken	2,26 × 10 <sup>-6</sup>	6,1
Operationeel/overig	3,40 × 10 <sup>-6</sup>	9,2
<b>Totaal</b>	<b>3,70 × 10<sup>-5</sup></b>	<b>100</b>

Opmerking:

- De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden'. De wijze waarop dat gedaan moet worden, staat beschreven in paragraaf 7.3.3.

### 8.3 Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden

De faalfrequentie m.b.t. voorkoming van beschadiging door derden kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} / \text{factor} \quad (8.1)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster 1}} \times \text{factor}_{\text{cluster 2}} \times \text{factor}_{\text{cluster 3}} \times \text{factor}_{\text{cluster 4}} \times \text{factor}_{\text{cluster 5}} \times \text{factor}_{\text{cluster 6}} \times \text{factor}_{\text{cluster 7}} \quad (8.2)$$

Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één voorziening gekozen worden per cluster. Reden hiervoor is dat er sprake kan zijn van een onderlinge afhankelijkheid<sup>5</sup>.

#### 8.3.1 Cluster 1 – Actief rappel

Geen voorziening uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden (zie paragraaf 8.2).	factor: 1
Actief rappel	factor: 1,2

<sup>5</sup> Zo kan bijvoorbeeld de voorziening 'vergaande restricties' ook het verbieden van graven en boren inhouden. De toegestane factor is dan 100 en niet 100 × 10 = 1000.



**8.3.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal**

Dit betreffen voorzieningen waarbij er een ondergrondse afdekking plaatsvindt van de te beschermen leiding.

Geen voorziening uit cluster 2	factor: 1
Waarschuwinglint	factor: 1,67
Beschermpaten	factor: 5
Waarschuwinglint + beschermpaten	factor: 30

**8.3.3 Cluster 3 – Beheervoorzieningen**

Beheervoorzieningen betreffen beperkingen aan of uitsluiting van graafwerkzaamheden door middel van een beheerovereenkomst met de grondeigenaar. De beheerovereenkomst bevat één van de volgende beperkingen:

Geen voorziening uit cluster 3	factor: 1
Vergaande restricties	factor: 100
Graven/boren verboden	factor: 10
Beperkte restricties	factor: 1,6

**8.3.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld**

Dit betreffen voorzieningen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd.

Geen voorziening uit cluster 4	factor: 1
Hekwerk	factor: ∞
Dijklichaam	factor: 10
Barrière op het maaiveld	factor: 8

**8.3.5 Cluster 5 – Overige voorzieningen**

Voor de voorziening in cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Voor cluster 5 kan één voorziening worden geselecteerd.

Geen voorziening uit cluster 5	factor: 1
<i>Indien geen voorziening uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden	factor: 3
Cameratoezicht	factor: 2,6
<i>Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden	factor: 2,5
Cameratoezicht	factor: 2,4

Voor buisleidingen die voldoen aan de stand der techniek voorwaarden, moeten de factoren voor cluster 5 worden genoemd bij 'Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1' gebruikt worden.

**8.3.6 Cluster 6 - Extra gronddekking**

In Tabel 8.2 wordt een overzicht gegeven van de reductiefactor per 10 cm extra gronddekking:

Tabel 8.2 Invloed vergroten gronddekking.

Extra gronddekking (m)	Reductiefactor
0,1	1,3
0,2	1,6
0,3	2,1
0,4	2,6
0,5	3,3
0,6	4,2
0,7	5,4
0,8	6,8
0,9	8,7
1,0	11,0

8.3.7 Cluster 7 - Wanddikte

Wanddikte exclusief corrosietoeslag is minimaal 15 mm	factor 10
---	-----------

**8.4 Risico reducerende voorzieningen voor de overige faalorzaken**

Voor de overige faalorzaken kan per faalorzaak maar één voorziening worden gewaardeerd.

8.4.1 Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie

De voorzieningen uit deze paragraaf grijpen in op de faalorzaak 'inwendige corrosie'. De faalfrequentie voor inwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (11)$$

Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding (en vice versa).	factor ∞
--	----------

8.4.2 Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie

De voorzieningen uit deze paragraaf grijpen in op de faalorzaak 'uitwendige corrosie'. De faalfrequentie voor uitwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (12)$$

Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving	factor ∞
--	----------

## 9 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

Een bij een risico reducerende voorziening behorende reductiefactor mag pas worden toegepast wanneer de voorziening voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden die randvoorwaarden beschreven. De voor 'stand der techniek' geldende randvoorwaarden worden als eerste beschreven.

### ***Randvoorwaarden voor leidingen die aan 'stand der techniek' voldoen***

De belangrijkste voorwaarde voor het mogen toepassen van de faalfrequentie voor het scenario breuk wanneer de buisleiding voldoet aan stand der techniek, is het toepassen van een effectief veiligheidsbeheerssysteem (VBS). De 'stand der techniek'-voorwaarden voor de verschillende faaloorzaken zijn gegeven in Tabel 9.1. Wanneer voor een specifieke faaloorzaak niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 7.2 genoemde bijpassende faalfrequentie te worden gebruikt.

*Tabel 9.1 Randvoorwaarden voor buisleidingen voor stand der techniek.*

<b>Algemeen</b>	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, Artikel 4.1111 van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)) en NEN3655.
<b>Beschadiging door derden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels.</li> <li>• Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding.</li> <li>• Geïmplementeerd KLIC/WIBON systeem met actief rappel.</li> </ul>
<b>Mechanisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding.</li> <li>• Leidingen aangelegd vanaf 1980: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.</li> </ul>
<b>Inwendige corrosie</b>	<p>Corrosiemanagementsysteem bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bepaling van product corrosiviteit;</li> <li>• toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit; (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner");</li> <li>• effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).</li> </ul>
<b>Uitwendige corrosie</b>	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.
<b>Natuurlijke oorzaken</b>	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende voorzieningen getroffen.

<p><b>Operationeel en overige faaloorzaken</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gespecificeerde werkgebied m.b.t debiet, druk, temperatuur, trip settings.</li> <li>• Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen.</li> <li>• Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.</li> <li>• Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).</li> </ul>
--	--

### ***Randvoorwaarden 'graafschade door derden'***

Ten aanzien van faaloorzaak '*graafschade door derden*' zijn een aantal risico reducerende voorzieningen geformuleerd met bijbehorende reductiefactoren. In deze paragraaf worden de randvoorwaarden voor de verschillende voorzieningen gegeven.

#### **Cluster 1**

##### *Actief rappel*

- De exploitant dient binnen 10 werkdagen na de melding met de grondroerder contact op te nemen indien deze dat nog niet heeft gedaan.

#### **Cluster 2**

Het betreft de voorzieningen *waarschuwingsslint, beschermplaten* en de combinatie *waarschuwingsslint + beschermplaten*.

- De minimumafstand tussen een leiding en het beschermende materiaal en de breedte van de afdekking moet in een standaarddocument worden vastgelegd. De combinatie van beide factoren (beschermend materiaal en de afstand tussen het materiaal en de leiding) moet dusdanig zijn dat ook bij toepassing van de grootste graafmachines die op dat moment worden gehanteerd, de afdekking effectief is en de leiding niet wordt geraakt.
- De sterkte en geschiktheid van afwijkende materialen of constructies dient te worden aangetoond door middel van veldtesten. Uitgangspunt is dat veldtesten op dezelfde wijze worden uitgevoerd als de veldtesten die zijn uitgevoerd voor de bepaling van de reductiefactor voor beschermplaten [13]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid<sup>6</sup>.
- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt zal hierover met de andere leidingexploitanten moeten worden overlegd.
- Deze voorziening kan alleen worden toegepast wanneer de leidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze voorziening. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

#### **Cluster 3**

Het betreft de voorziening waarbij een beheerovereenkomst is afgesloten die een bepaalde beperking bevat.

##### *Overeenkomst met vergaande restricties:*

- De grond wordt uit gebruik genomen door het pachten van de grond of door een strikte beheerovereenkomst die alle gebruik van de grond uitsluit.
- Het betreffende deel van de grond wordt afgerasterd.

<sup>6</sup> Indien in alle experimenten de voorziening effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de voorziening voor één experiment niet effectief was. Deze aanname is nodig omdat met een beperkt (n) aantal testen niet kan worden uitgesloten dat de (n+1)<sup>de</sup> test tot falen leidt.

- Er wordt markering toegepast.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.
- Aanvragen voor graafwerkzaamheden door de eigenaar en derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.
- Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst waarbij graven/boren verboden is (zie voorziening '*Overeenkomst, graven/boren verboden*').

*Overeenkomst, graven/boren verboden:*

- Bij een overeenkomst waarbij grondroerende activiteiten worden uitgesloten, is het gebruik van de grond als bijvoorbeeld weidegebied toegestaan. Het gebruik als bijvoorbeeld parkeer- of opslagterrein is ook mogelijk mits voor de realisatie hiervan geen graafwerkzaamheden nodig zijn.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.
- Aanvragen voor graafwerkzaamheden door derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding van een graafactiviteit moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.
- Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst met beperkte restricties (zie voorziening '*Overeenkomst, beperkte restricties*').

*Overeenkomst, beperkte restricties:*

- Bij een overeenkomst met beperkte restricties zijn grondroerende activiteiten niet helemaal uitgesloten, maar worden wel beperkingen opgelegd ten aanzien van de diepte van bewerking van de grond.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

**Cluster 4**

*Hekwerk*

- Een hekwerk moet voorkomen dat de directe omgeving rond de leiding kan worden betreden. Wanneer een hekwerk alleen het gebied in de nabijheid van de leiding omsluit, maar het gebied verder vrij eenvoudig kan worden betreden, moet een hekwerk worden gezien als markering.
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

*Dijklichaam*

- De ophoging ten opzichte van het maaiveld is minimaal één meter hoog en deze hoogte moet ook worden onderhouden. Een andere optie is om een

dijklichaam van 50 cm hoog te creëren maar dan moet het dijklichaam worden omsloten door een (metalen) net dat genoeg weerstand kan bieden indien er toch gegraven mocht worden.

- De ophoging moet aaneengesloten zijn over het leidingstuk waarvoor de voorziening wordt toegepast. Omdat niet kan worden voorkomen dat er toch wegen etc. moeten worden gekruist, wordt als richtwaarde aangehouden dat minimaal 98% van het betreffende leidingstuk door een dijklichaam moet worden beschermd. Als minder dan 98% van het leidingstuk wordt beschermd, moet in een risico- en effectrapportage specifiek rekening worden gehouden met de onderbrekingen. Het deel dat niet door het dijklichaam wordt beschermd, moet op een andere manier worden beschermd, bijvoorbeeld door een wegverharding. Ook moet aan het begin en eind van de onderbreking extra markering worden geplaatst.
- De voorziening moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

#### *Barrière op maaiveld*

- De afstand tussen de barrière en de leiding moet beperkt zijn tot één à twee meter van de leiding.
- Losstaande paaltjes mogen maximaal 20 cm van elkaar geplaatst worden .
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

### **Cluster 5**

#### *Strikte begeleiding werkzaamheden*

- Bij een melding neemt de leidingexploitant zelf direct contact op met de daadwerkelijke uitvoerder van de werkzaamheden. Bij dit contact worden werkafspraken gemaakt die schriftelijk worden vastgelegd. Tot het moment dat er contact wordt gelegd met de uitvoerder moet de leidingexploitant dagelijks de situatie ter plekke controleren.
- Wanneer er tussen de melding en de aanvang van de werkzaamheden meer dan een week zit, moet de leidingexploitant iedere week (tot aanvang van de werkzaamheden) contact opnemen met de uitvoerder van de werkzaamheden.
- Wanneer de werkzaamheden langer dan een week duren, moet wekelijks (totdat de werkzaamheden zijn afgerond) een extra inspectie ter plaatse plaatsvinden door de leidingexploitant.
- Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.
- Het moet voor degene die bij de leidingexploitant de melding van de werkzaamheden afhandelt direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een strikte begeleiding van toepassing is. Dit zal in de procedure voor de afhandeling van de meldingen moeten worden geborgd.

#### *Cameratoezicht*

- Het toezicht moet continu zijn.
- Het toezicht moet mogelijk zijn over het gehele leidingstuk waarvoor de reductiefactor wordt toegepast.
- Bij constatering van (voorbereidingen van) werkzaamheden nabij de leiding moet binnen enkele minuten ingegrepen kunnen worden om de werkzaamheden stil te leggen.
- Er moet een terugkoppeling zijn van gemelde werkzaamheden richting de toezichthouder, zodat er geen valse alarmen ontstaan.

### **Cluster 6**

Randvoorwaarde bij deze voorziening is dat de dekking aan weerszijden van de leiding effectief moet zijn. De dekking moet zodanig zijn aangebracht dat verwacht mag worden dat een grondroerder die loodrecht op de leiding graaft, het maaiveld blijft volgen en niet de extra gronddekking negeert door het niveau op graafdiepte aan te houden. Als leidraad geldt dat bij een extra gronddekking tot 20 centimeter de extra dekking over minimaal 10 meter aan weerszijden van de leiding moet worden aangebracht. Bij een extra gronddekking groter dan 20 centimeter moet de extra dekking minimaal over de belemmerde strook worden aangebracht.

### ***Randvoorwaarden 'Inwendige corrosie – corrosiviteit medium'***

*De corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de kwaliteit van het medium dient gemonitord te worden.*

Opname onderbouwing "inherent niet-corrosief medium" c.q. "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.

### ***Randvoorwaarden 'Uitwendige corrosie – corrosiviteit buismateriaal'***

*Het ontbreken van corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de omgeving (verzuring, bacteriën, wortels, grondroeren, interferentie) dient gemonitord te worden.*

Opname onderbouwing "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.



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

## **Module V, deel 3: Chemicaliënleidingen**



## 10 Inleiding

In deze module wordt voor ondergrondse buisleidingen met chemicaliën beschreven op welke wijze een risico- en effectrapportage moet worden uitgevoerd. Bij dit deel van deze Module wordt het rekenpakket Safeti-NL gebruikt [10]. Voor situaties waar deze module niet volstaat, moet gerekend worden volgens actuele inzichten [14].

## 11 Kaders

### 11.1 Stoffen

In Tabel 11.1 zijn de gevaarlijk stoffen gegeven die bij de inventarisatie van het RRGs [15] zijn aangemerkt als stoffen die door buisleidingen worden getransporteerd en die in deze methodiek als relevant worden beschouwd voor de externe veiligheid. Ook voor andere (gevaarlijke) stoffen dan genoemd in Tabel 11.1 kan de rekenmethode van toepassing zijn. Daarbij moet worden nagegaan of deze nog andere model- of gevaarsaspecten hebben dan die in de rekenmethode worden beschouwd.

*Tabel 11.1 Overzicht van gevaarlijke stoffen in de categorie Chemicaliënleidingen.*

Eigenschap	Aggregatietoestand van de stof tijdens transport		
	Vloeistof	Tot vloeistof verdicht gas	Gas
Brandbaar	Isopreen 1,2-propeenoxide Ongestabiliseerd condensaat	Etheen Butaan Buteen Propeen Vinylchloride LPG	Waterstof
Giftig	Formaldehyde (46%)	Chloor Ammoniak	Koolmonoxide Waterstofchloride
Brandbaar en giftig	Etheenoxide		Synthesegas (H <sub>2</sub> en CO)
Inert en overig			Kooldioxide Stikstof Zuurstof

**Opmerkingen:**

- Bij de brandbare vloeistoffen betreft het vloeistoffen met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C).
- De lijst met stoffen in Tabel 11.1 is niet limitatief. Zo kan bijvoorbeeld aardgas, dat niet voldoet aan de omschrijving als gegeven paragraaf 2.1 onder dit rekenvoorschrift komen te vallen.
- Voor probitrelaties van toxische stoffen dient bij Module I aangesloten te worden.
- De vloeistoffen aniline, MDI en natronloog zijn niet (acuut) giftig zijn of hebben een vlampunt groter dan 60 °C. Voor dergelijke buisleidingen bepaalt het bevoegd gezag of een analyse moet worden uitgevoerd.
- Mocht de aggregatietoestand van een stof anders zijn dan beschreven in Tabel 11.1, dan dient exploitant een voorstel te doen bij het bevoegd gezag hoe de stof te modelleren. Koolstofdioxide kan ook als vloeistof of superkritisch gas getransporteerd worden.
- Etheenoxide wordt op basis van zijn kookpunt gezien als een vloeistof, maar wordt als tot vloeistof verdicht gas gemodelleerd (zie paragraaf 12.7.2).

## 12 Rekenmethodiek

### 12.1 Uitstroomscenario's

De volgende scenario's dienen ten minste te worden beschouwd:

*Tabel 12.1 Scenario's voor ondergrondse buisleidingen in de categorie Chemicaliënleidingen.*

Scenario
Breuk van de buisleiding
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale inwendige diameter, max. 20 mm

Let op: voor brandbare vloeistoffen en formaldehyde mag het scenario lek onderbouwd weggelaten worden.

### 12.2 Faalfrequenties

De faalfrequenties voor een buisleiding gelden voor de buisleiding inclusief flenzen, lassen en kleppen maar exclusief pompen. De standaard faalfrequenties voor ondergrondse buisleidingen zijn gegeven in Tabel 12.2, de bijbehorende faaloorzakenverdeling in Tabel 12.3 [11]. Zie verder Hoofdstuk 14.

*Tabel 12.2 Scenario's en faalfrequenties voor ondergrondse buisleidingen.*

Scenario	Faalfrequentie (km <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> )
1. Breuk van de buisleiding	1,5 × 10 <sup>-4</sup>
2. Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter, maximaal 20 mm.	4,5 × 10 <sup>-4</sup>
Totaal	6,0 × 10 <sup>-4</sup>

*Tabel 12.3 Faaloorzaakverdeling voor buisleidingen met chemicaliën.*

Faaloorzaak	Faalfrequentie			Aandeel (%)	
	Breuk	Lek	Totaal	Breuk	Lek
Beschadiging door derden	7,19 × 10 <sup>-5</sup>	9,86 × 10 <sup>-5</sup>	1,71 × 10 <sup>-4</sup>	47,9	21,9
Mechanisch	3,23 × 10 <sup>-5</sup>	1,45 × 10 <sup>-4</sup>	1,77 × 10 <sup>-4</sup>	21,5	32,2
Inwendige corrosie	5,71 × 10 <sup>-6</sup>	4,40 × 10 <sup>-5</sup>	4,97 × 10 <sup>-5</sup>	3,8	9,8
Uitwendige corrosie	1,72 × 10 <sup>-5</sup>	1,32 × 10 <sup>-4</sup>	1,49 × 10 <sup>-4</sup>	11,5	29,3
Natuurlijke oorzaken	9,15 × 10 <sup>-6</sup>	1,35 × 10 <sup>-5</sup>	2,27 × 10 <sup>-5</sup>	6,1	3,0
Operationeel/overig	1,38 × 10 <sup>-5</sup>	1,71 × 10 <sup>-5</sup>	3,09 × 10 <sup>-5</sup>	9,2	3,8
<b>Totaal</b>	<b>1,5 × 10<sup>-4</sup></b>	<b>4,5 × 10<sup>-4</sup></b>	<b>6,0 × 10<sup>-4</sup></b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Opmerkingen:

- Bij de faalfrequentie voor het breukscenario is de invloed van de grondroerdersregeling (WIBON) verdisconteerd door de breukfrequentie als gevolg van beschadiging door derden (external interference) te reduceren met een factor 2,5 [16].
- De faalfrequenties voor leidingen die voldoen aan de 'stand der techniek' zijn te vinden in Tabel 14.1. De randvoorwaarden hiervoor zijn te vinden in Hoofdstuk 15.

De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [11]. De gecorrigeerde faalfrequentie is:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \frac{\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}}}{\text{factor}} \quad (12.1)$$

$$\text{factor} = e^{-2,4 \times (0,84 - z)} \quad (12.2)$$

waarbij:

z = diepteligging (m).

Dekkingsovergangen van 20 cm of meer dienen te worden meegenomen in de berekeningen. Tevens dienen dekkingsovergangen van 10 cm of meer die over een leidingafstand van 50 meter of meer stand houden te worden meegenomen. Hiervan mag onderbouwd worden afgeweken bij gebruikmaking van een conservatief gekozen diepteligging. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor buisleidingen in landelijk gebied zonder objecten, waar een conservatieve benadering kan volstaan.

### 12.3 Modelling van de scenario's

Voor de berekening moet gebruik worden gemaakt van de standaard modellering in Safeti-NL zoals gegeven in Tabel 12.4 [10]. Hierbij dienen de instellingen van Tabel 12.5 gehanteerd te worden.

Tabel 12.4 Scenario's en modellering in Safeti-NL.

Scenario	Safeti-NL
Gas	
Leidingbreuk	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach
Leidinglek	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach
Vloeistof	
Leidingbreuk	Route – Pressure Vessel – Catastrophic rupture
Formaldehyde	
Leidingbreuk	Route –Pressure Vessel - UDS <sup>7</sup> (release scenario: Pool source (radius))
Vloeistof verdicht gas	
Leidingbreuk	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach
Leidinglek	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach

Opmerkingen:

- Het Long Pipeline model biedt de mogelijkheid om de leiding in verschillende secties te verdelen en de effecten en risico's per sectie te berekenen.
- De default waarde voor de parameter 'event spacing method' in het long pipeline model is automatisch. Dit geeft niet in alle gevallen een nette contour. Als er geen nette contour gegenereerd wordt, moet gekozen worden voor 'user defined' met een geschikte waarde voor de 'event spacing'. In het route model moet de 'spacing of events' zodanig klein gekozen worden dat een representatieve risicocontour ontstaat.

<sup>7</sup> Zie paragraaf 12.7.4 voor de berekening van de bronterm.

*Tabel 12.5 Diverse parameterinstellingen Safeti-NL.*

<b>Parameter</b>	<b>Safeti-NL-instelling</b>
Temperatuur	9,8 °C m.u.v. etheen (zie § 12.6) en etheenoxide (zie § 12.7.2)
Druk	Maximale werkdruk van de buisleiding
Kans scenario	0,25 voor breuk en 0,75 voor lek [11]
Kans op directe ontsteking <sup>8</sup>	Zie Tabel 12.6
Uitstroomhoogte	0,01 m (zie §13.3.1)
Uitstroomrichting	Verticaal (zie §13.3.1)
Method for calculating average rate	Brandbare stoffen: average between two times, 0-20 sec. Giftige stoffen: up to ten rates, expected number of average rates: 10
Pipeline surrounding	Modellering zonder kratermodel: Above ground Modellering met kratermodel: Buried
Afstand tot breuk	De afstand tot breuk wordt automatisch bepaald bij de keuze voor Auto-generated Sections.
Relatieve gatgrootte bij breuk	1 voor breuk
Absolute gatgrootte bij lek	Diameter van het lek in mm (max 20 mm)

Opmerking:

- De relatieve gatgrootte (*rel. aperture*) voor breuk is gelijk aan 1. De corresponderende gatgrootte is dan  $\sqrt{2}$  x de leidingdiameter i.v.m. de uitstroming van twee kanten.

## 12.4 Gebeurtenissenbomen

Bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit ondergrondse buisleidingen zijn verschillende vervolgeffecten mogelijk. Het optreden van deze effecten hangt onder meer af van de gevaarsaspecten van de transporteren stof en in hoeverre directe dan wel vertraagde ontsteking optreedt. De te gebruiken ontstekingskansen voor de betreffende scenario's zijn gegeven in Tabel 12.6. Bij brandbare vloeistoffen moet er in Safeti-NL een boundary aangegeven worden als de directe ontstekingskans minder dan 1 is. Voor deze ontvlambare/brandbare vloeistoffen ligt de boundary op 5 meter van de buisleiding.

<sup>8</sup> Let op: voor de vloeistof verdichte gassen die alleen brandbaar zijn, geldt dat alléén directe ontsteking wordt meegenomen. Om te voorkomen dat per ongeluk ook vertraagde ontsteking wordt meegenomen, moet de kans op directe ontsteking op 1 worden gezet en moet de waarschijnlijkheid voor het desbetreffende scenario worden vermenigvuldigd met de eigenlijke waarde voor directe ontsteking (0,3 voor breuk en 0,14 voor lek).

Tabel 12.6 Ontstekingskansen bij breuk en lek.

	<b>P<sub>direct</sub></b>	<b>P<sub>vertraagd</sub></b>
Gassen		
- breuk en lek	1*	0
Tot vloeistof verdichte gassen		
- breuk	0,3	0
- lek	0,14	0
Vloeistoffen (K <sub>0</sub> )		
- breuk en lek	0,065	0,935

\* Deze ontstekingskans betreft alleen waterstof; gezien de lage ontstekingsenergie wordt verwacht dat breuk altijd leidt tot ontsteking.

## 12.5 Modelling gassen

### 12.5.1 Modelling waterstof

Voor waterstof wordt gerekend met het kratermodel. Voor de *pipeline surrounding characteristics* wordt de keuze *buried* geselecteerd en de bodemtype en diepteligging van de buisleiding ingevoerd. Voor het lek scenario wordt de optie *puncture at the top* gekozen.

Ook voor alle overige gassen wordt aanbevolen het kratermodel te gebruiken.

## 12.6 Modelling tot vloeistof verdichte gassen

De standaard modellering van de tot vloeistof verdichte gassen is beschreven in §3.312.3 en § 12.4. Aanbevolen wordt het kratermodel te gebruiken; voor de *pipeline surrounding characteristics* wordt de keuze *buried* geselecteerd. Voor etheen geldt een andere aan te houden temperatuur. Etheen is een stof met een kritische temperatuur van 9,19 °C en wordt gemodelleerd bij een ietwat lagere temperatuur (9 °C) zodat de stof zich als vloeistof gedraagt en niet superkritisch.

Voor tot vloeistof verdichte gassen die alleen brandbaar zijn dient de directe ontstekingskans in Safeti-NL op 1 gezet te worden (zie voetnoot 8). De ontstekingskans conform Tabel 12.6 moet vervolgens in de faalfrequentie verdisconteerd worden.

## 12.7 Modelling vloeistoffen

Voor de modellering van vloeistoffen is zoveel als mogelijk aansluiting gezocht bij de methodiek voor de aardolieleidingen (deel 2 van deze Module). Uitzondering hierop is etheenoxide, dat als tot vloeistof verdicht gas wordt gemodelleerd (§ 12.7.2).

### 12.7.1 Brandbare vloeistof

De hoeveelheid vloeistof die bij breuk van de vloeistofleiding bovengronds komt is gelijk aan de som van de hoeveelheid vloeistof die vrijkomt binnen de afslagtijd van de pomp ( $V_1$ ) en de vloeistof die vrijkomt ten gevolge van expansie van de samengeperste vloeistof (de zgn. line-pack,  $V_2$ ).

1. Hoeveelheid vloeistof die vrijkomt binnen de afslagtijd van de pomp ( $V_1$ ).  
De hoeveelheid vloeistof die vrijkomt binnen de afslagtijd van de pomp is gelijk aan:

$$V_1 = \Phi_{\text{pomp}} \cdot t \quad (12.3)$$

waarbij

$\Phi_{\text{pomp}}$  = maximaal pompdebiet ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $t$  = tijdsduur vanaf het breukmoment tot afslaan van de pomp of tot het gesloten zijn van kleppen in de buisleiding (s).

2. Uitstroming ten gevolge van de expansie van samengedrukte vloeistof ( $V_2$ ).  
 De line-pack wordt berekend met onderstaande formule:

$$V_2 = \pi/4 \cdot D^2 \cdot L \cdot P \cdot C_e \quad (12.4)$$

waarbij:

$V_2$  = volume toename van het product ( $\text{m}^3$ );  
 $D$  = inwendige diameter van de buisleiding (m);  
 $L$  = totale buisleidinglengte (m);  
 $P$  = werkdruk ter plaatse van de breuk ( $\text{N}/\text{m}^2$ );  
 $C_e$  = compressibiliteit van de vloeistof ( $\text{m}^2/\text{N}$ ).

Wanneer een leiding gevuld is, zonder dat er verpompt wordt, zal bij breuk van de leiding alleen sprake zijn van uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof ( $V_2$ ).

Voor de compressibiliteit van het product dient de stof specifieke waarde gebruikt te worden. Indien deze niet bekend is, kan uitgegaan worden van  $0,88 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{N}$ .

Aanbevolen wordt om in voorkomende gevallen rekening te houden met nalevering ten gevolge van een hellende buisleiding en extra uitstroom uit een buisleiding ten gevolge van terugstroming vanuit ontvangende opslagtanks ( $V_3$ ).

Breuk van een buisleiding met brandbare vloeistof wordt gemodelleerd als het instantaan falen van een vat dat onder atmosferische druk of onder een zeer lichte overdruk staat. Bij directe ontsteking wordt alleen een plasbrand beschouwd, omdat het effectgebied van de ontbranding van de geflashte vloeistof binnen het effectgebied van de plasbrand ligt. Bij vertraagde ontsteking wordt naast plasbrand ook rekening gehouden met een wolkbrand, omdat de geflashte vloeistof de tijd heeft om af te drijven en op afstand te ontsteken. De grootte van de plas wordt bepaald door de hoeveelheid uitgestroomde vloeistof  $V_1 + V_2$  (+ eventueel  $V_3$ ) die een plas van 0,05 m dikte vormt (deel 2 van deze Module). Deze plas wordt als een tankput ingevoerd.

### 12.7.2 *Brandbare en giftige vloeistof – breuk*

Het betreft alleen de stof etheenoxide (EO). De stof wordt niet als vloeistof maar als vloeistof verdichte gas gemodelleerd door in de modellering een temperatuur van 12 °C te hanteren. De aan te houden ontstekingskans is 0,3, overeenkomstig de ontstekingskans van tot vloeistof verdichte gassen.

### 12.7.3 *Brandbare en giftige vloeistof – lek*

In navolging van het breukscenario wordt ook voor het lekscenario een temperatuur van 12 °C gebruikt. De aan te houden ontstekingskans is 0,14, overeenkomstig de ontstekingskans van tot vloeistof verdichte gassen.

#### 12.7.4 Giftige vloeistof

De enige giftige vloeistof die getransporteerd wordt, is een formaldehyde-oplossing waarvoor een afwijkende modellering geldt. Voor het bepalen van de effecten en risico's van de formaldehydeoplossing moet eerst het oppervlak van de gevormde plas worden bepaald. Op basis hiervan kan de plasverdamping worden berekend.

1. Bepaal het oppervlak van de plas.  
Het oppervlak van de plas bij breuk kan worden berekend m.b.v. formules die in § 12.7.1 staan. De aan te houden plasdiepte is 0,05 m.
2. Bereken de bronterm  $q_v$  (kg/s) ten gevolge van plasverdamping onder verwaarlozing van warmteoverdracht via de ondergrond, instraling en convectie [17]. De parameters en enkele in te voeren waarden staan gegeven in Tabel 12.7.

$$q_v = C_{m\&m} \times u_{w,10}^{0.78} \times (2 \times r)^{-0.11} \times Sc^{-0.67} \times P_v \times A \times \mu / (R \times T_{ps}) \quad (12.5)$$

Vervolgens dient de verdampingsnelheid als bronterm te worden ingevoerd in een UDS-scenario, type Pool Source (Radius).

Tabel 12.7 Parameters ter bepaling plasverdamping formaldehydeoplossing.

Parameter	Beschrijving	Waarde
$C_{m\&m}$	Constante	0,004786 ( $m^{0.33} s^{-0.22}$ )
$P_v$	Partiële dampspanning formaldehyde <sup>9</sup> [18]	56 N m <sup>-2</sup>
$r$	Straal vloeistofplas	(m)
$R$	Gasconstante	8,314472 J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
$Sc$	Schmidt getal <sup>10</sup>	0,8
$T_{ps}$	Temperatuur vloeistofplas	283 K
$u_{w,10}$	Windsnelheid op 10 meter hoogte	5 m s <sup>-1</sup>
$\mu$	Molecuulgewicht	30,0 kg mol <sup>-1</sup>
$A$	Plasoppervlak	m <sup>2</sup>

<sup>9</sup> De partiële dampspanning van een 40%-formaldehyde-oplossing bij 10°C (Ullman).

<sup>10</sup> De waarde van  $Sc$  is typisch in de range 1 – 2,5 (Report No HAZMAT 93-3). Gebruik van de waarde 0,8 leidt tot een geringe overschatting van de bronterm.



## 13 Modelparameters

### 13.1 Inleiding

In een berekening met het rekenpakket Safeti-NL moet een aantal keuzes worden gemaakt en een groot aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft een aantal keuzes in de modellering en de parameters die van belang zijn in de risico- en effectberekeningen voor chemicaliënleidingen. Er wordt onderscheid gemaakt in drie typen parameters, namelijk:

- Parameters die de gebruiker kan wijzigen om de berekening in overeenstemming te brengen met de buisleidingspecifieke en locatiespecifieke omstandigheden (Rapportagespecifieke parameters, § 13.3). Hoe de invloed van windturbines moet worden bepaald staat beschreven in paragraaf 13.3.5 en Module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid;
- Parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een berekening in Nederland (Deze parameters zijn vastgelegd in het softwarepakket en niet in deze Module beschreven.);
- Parameters die stofs specifiek zijn (§13.4 en Module I).

### 13.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Voor de selectie van scenario's dient bij Module I aangesloten te worden.

### 13.3 Rapportagespecifieke parameters

#### 13.3.1 *Standaard te gebruiken instellingen*

De parameters in deze categorie kunnen gewijzigd worden om de berekening in overeenstemming te brengen met de specifieke omstandigheden waarin de ondergrondse buisleiding wordt bedreven. In Tabel 13.1 wordt een overzicht gegeven van de standaard te gebruiken instellingen voor diverse rapportagespecifieke parameters. Voor de ruwheidslengte dient aangesloten te worden bij Module I.

*Tabel 13.1 Standaard te gebruiken instellingen in Safeti-NL<sup>11</sup>.*

Parameter	Standaardinstelling
Richting van de uitstroming ondergronds	Verticaal
Hoogte van de uitstroming	0,01 m
Ruwheidslengte van de buisleiding	45 µm
Ruwheidslengte van het vrije veld oppervlak	Zie Module I

#### 13.3.2 *Drukverlies ten gevolge van afsluiters en bochten*

In de berekening wordt geen rekening gehouden met drukverlies ten gevolge van de aanwezigheid van bochten en appendages.

<sup>11</sup> Deze parameters kunnen weliswaar door een gebruiker worden aangepast, maar de gegeven instellingen worden in deze methodiek voorgeschreven.

### 13.3.3 Tijdsafhankelijke uitstroming

Bij breuk van een buisleiding zal het uitstroomdebiet variëren in de tijd. In Safeti-NL kan hier rekening mee worden gehouden door gebruik te maken van een tijdsafhankelijke uitstroming.

Voor brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen wordt bij breuk uitgegaan van het uitstroomdebiet dat gemiddeld is over de periode 0 - 20 seconden. Voor giftige (tot vloeistof verdichte) gassen wordt bij breuk gerekend met een tijdsafhankelijke uitstroming, met 10 tijdsegmenten (*expected number of average rates*). Bij breuk van een buisleiding met een brandbare en/of giftige vloeistof wordt een plas gemodelleerd en is qua modellering geen sprake van een tijdsafhankelijke uitstroming.

### 13.3.4 Meteorologisch weerstation en parameters

Het meteorologisch weerstation dat qua ligging representatief is voor (delen van) de buisleiding moet worden gekozen. De gebruiker heeft de keuze uit de weerstations zoals gegeven in Tabel 13.2.

Tabel 13.2 Meteorologische weerstations.

Naam				
Beek	Eindhoven	Leeuwarden	Twente	Woensdrecht
Deelen	Gilze-Rijen	Rotterdam	Valkenburg	Ypenburg
Den Helder	Hoek van Holland	Schiphol	Vlissingen	
Eelde	IJmuiden	Soesterberg	Volkel	

Aangenomen wordt dat de temperatuur van de te transporteren stof gelijk is aan de gemiddelde jaartemperatuur van de bodem, te weten 9,8 °C. Uitzonderingen hierop zijn etheen (zie § 12.6) en etheenoxide (zie § 12.7.2). De temperatuur van koolstofdioxide kan hoger zijn dan de bodemtemperatuur. Hier dient rekening mee gehouden te worden bij de berekening.

### 13.3.5 Invloed windturbines

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. De methode om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in Module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid [5]. De invloed van windturbines op buisleidingen dient meegenomen te worden wanneer de buisleiding zich binnen de maximale werpafstand van de windturbine bevindt.

## 13.4 Stofspecifieke parameters

### 13.4.1 Probitrelaties toxische stoffen

Voor probitrelaties van toxische stoffen dient bij Module I aangesloten te worden.

## 14 Risico reducerende voorzieningen

### 14.1 Inleiding

Risico reducerende voorzieningen bieden de mogelijkheid om de risico's van een buisleiding te verlagen. De in dit hoofdstuk beschreven aanvullende risico reducerende voorzieningen zijn geldend voor alle ondergrondse buisleidingen met brandbare vloeistoffen en buisleidingen met chemische stoffen.

Uitgezonderd zijn<sup>12</sup>:

- "Hot Lines" met een bedrijfstemperatuur boven de 100 °C. Hieronder vallen buisleidingen waarbij de producten worden verwarmd en worden vervoerd in zwaar geïsoleerde buisleidingen of waarbij het leidingstelsel externe warmtebronnen heeft om de viscositeit van het product te verlagen of waarbij als gevolg van exploratie de gewonnen producten een temperatuur bezitten boven de 100 °C;
- Kunststofleidingen.

De genoemde voorzieningen kunnen voor zowel de breuk- als lekfrequentie worden toegepast. Uitzonderingen hierop worden expliciet vernoemd.

Om een reductiefactor te kunnen toepassen, moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. De randvoorwaarden worden genoemd in Hoofdstuk 15. In overleg met het bevoegd gezag dient bepaald te worden welke overige voorzieningen getroffen worden en welke factoren aan deze voorzieningen worden toegekend.

De risico reducerende voorzieningen die in dit hoofdstuk worden beschreven, beperken de kans op falen. Maatregelen die de effecten beperken, worden niet beschreven, maar dienen wel beschouwd te worden in de berekeningsmethodiek. Het betreft met name voorzieningen die het falen van de leiding detecteren en daarop ingrijpen, waardoor de uitstroomduur kan worden beperkt (bijvoorbeeld drukbeveiligingen).

### 14.2 Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden

Voor buisleidingen die aan de stand-der-techniek-voorwaarden voldoen (zie Hoofdstuk 15), mogen de faalfrequentie en -faaloorzaakverdeling van Tabel 8.1 worden toegepast. Wanneer een specifieke faaloorzaak niet nader is onderzocht of wanneer niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in § 7.3.3 genoemde faalfrequentie te worden gebruikt.

<sup>12</sup> Voor deze leidingen zijn de in deze module opgenomen faalfrequenties ook niet van toepassing.

Tabel 14.1 *Faalfrequentie en faaloorzaak verdeling voor chemicaliënleidingen die voldoen aan 'stand der techniek'.*

Faaloorzaak	Faalfrequentie [km.jaar <sup>-1</sup> ]			Aandeel (%)	
	Breuk	Lek	Totaal	Breuk	Lek
Beschadiging door derden	$1,77 \times 10^{-5}$	$2,63 \times 10^{-5}$	$4,40 \times 10^{-5}$	47,9	21,9
Mechanisch	$7,96 \times 10^{-6}$	$3,86 \times 10^{-5}$	$4,66 \times 10^{-5}$	21,5	32,2
Inwendige corrosie	$1,41 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-5}$	$1,31 \times 10^{-5}$	3,8	9,8
Uitwendige corrosie	$4,25 \times 10^{-6}$	$3,52 \times 10^{-5}$	$3,95 \times 10^{-5}$	11,5	29,3
Natuurlijke oorzaken	$2,26 \times 10^{-6}$	$3,60 \times 10^{-6}$	$5,86 \times 10^{-6}$	6,1	3,0
Operationeel	$3,40 \times 10^{-6}$	$4,56 \times 10^{-6}$	$7,96 \times 10^{-6}$	9,2	3,8
Totaal	<b><math>3,70 \times 10^{-5}</math></b>	<b><math>1,20 \times 10^{-4}</math></b>	<b><math>1,57 \times 10^{-4}</math></b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Opmerking:

- De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [11, 12]. De wijze waarop dat gedaan moet worden, staat beschreven in § 7.3.3.

### 14.3 Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden

De faalfrequentie voor beschadiging door derden kan worden gecorrigeerd, gegeven de te nemen en de genomen voorzieningen door middel van de formule:

$$\text{faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \frac{\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}}}{\text{factor}} \quad (14.1)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster 1}} \times \text{factor}_{\text{cluster 2}} \times \text{factor}_{\text{cluster 3}} \times \text{factor}_{\text{cluster 4}} \times \text{factor}_{\text{cluster 5}} \times \text{factor}_{\text{cluster 6}} \times \text{factor}_{\text{cluster 7}} \quad (14.2)$$

Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één voorziening gekozen worden per cluster.

#### 14.3.1 Cluster 1 – Actief rappel

Geen voorziening uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden (zie paragraaf 14.2).	factor: 1
Actief rappel.	factor: 1,2

#### 14.3.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal

Dit betreffen voorzieningen waarbij er een ondergrondse afdekking plaatsvindt van de te beschermen leiding.

Geen voorziening uit cluster 2.	factor: 1
Waarschuwingslint.	factor: 1,67
Beschermplaten.	factor: 5
Waarschuwingslint + beschermplaten.	factor: 30

14.3.3 *Cluster 3 – Beheervoorzieningen*

Beheervoorzieningen betreffen beperkingen aan of uitsluiting van graafwerkzaamheden door middel van een beheerovereenkomst met de grondeigenaar. De beheerovereenkomst bevat één van de volgende beperkingen:

Geen voorziening uit cluster 3.	factor: 1
Vergaande restricties.	factor: 100
Graven/boren verboden.	factor: 10
Beperkte restricties.	factor: 1,6

14.3.4 *Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld*

Dit betreffen voorzieningen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd.

Geen voorziening uit cluster 4.	factor: 1
Hekwerk.	factor: ∞
Dijklichaam.	factor: 10
Barrière op het maaiveld.	factor: 8

14.3.5 *Cluster 5 – Overige voorzieningen*

De voorzieningen in cluster 5 betreffen voorzieningen die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Voor cluster 5 kan één voorziening worden geselecteerd.

Geen voorziening uit cluster 5.	factor: 1
<i>Indien geen voorziening uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden.	factor: 3
Cameratoezicht.	factor: 2,6
<i>Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden.	factor: 2,5
Cameratoezicht.	factor: 2,4

Voor buisleidingen die voldoen aan de stand der techniek voorwaarden, moeten de factoren voor cluster 5 worden gebaseerd op de factoren genoemd bij 'Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1'.

14.3.6 *Cluster 6 – Extra gronddekking*

In Tabel 14.2 wordt een overzicht gegeven van de reductiefactor per 10 cm extra gronddekking:

Tabel 14.2 Invloed vergroten gronddekking.

Extra gronddekking (m)	Reductiefactor
0,1	1,3
0,2	1,6
0,3	2,1
0,4	2,6
0,5	3,3
0,6	4,2
0,7	5,4
0,8	6,8
0,9	8,7
1,0	11,0

14.3.7 *Cluster 7 - Wanddikte*

Wanddikte exclusief corrosietoeslag is minimaal 15 mm.	factor 10
--	-----------

De reductie in faalkans voor het scenario breuk wordt toegevoegd aan de faalfrequentie voor het scenario lek. De totale faalfrequentie blijft daardoor gelijk.

**14.4 Risico reducerende voorzieningen voor de overige faaloorzaken**

Voor de overige faaloorzaken kan per faaloorzaak maar één voorziening worden gewaardeerd.

14.4.1 *Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie*

De voorzieningen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'inwendige corrosie'. De faalfrequentie voor inwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (14)$$

Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding (en vice versa).	factor ∞
--	----------

14.4.2 *Risico reducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie*

De voorzieningen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'uitwendige corrosie'. De faalfrequentie voor uitwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (15)$$

Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving.	factor ∞
---	----------

## 15 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

Een bij een risico reducerende voorziening behorende reductiefactor mag pas worden toegepast wanneer de voorziening voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden die randvoorwaarden beschreven. De voor 'stand der techniek' geldende randvoorwaarden worden als eerste beschreven.

### ***Randvoorwaarden voor leidingen die aan 'stand der techniek' voldoen***

De belangrijkste voorwaarde voor het mogen toepassen van de faalfrequentie voor het scenario breuk wanneer de buisleiding voldoet aan stand der techniek, is het toepassen van een effectief veiligheidsbeheerssysteem (VBS). De 'stand der techniek'-voorwaarden voor de verschillende faaloorzaken zijn gegeven in Tabel 15.1. Wanneer voor een specifieke faaloorzaak niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 12.3 genoemde bijpassende faalfrequentie te worden gebruikt.

*Tabel 15.1 Randvoorwaarden voor buisleidingen voor stand der techniek.*

<b>Algemeen</b>	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, Artikel 4.1111 van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) en 0/NEN3655.
<b>Beschadiging door derden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels.</li> <li>• Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding.</li> <li>• Geïmplementeerd KLIC/WIBON systeem met actief rappel.</li> </ul>
<b>Mechanisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding.</li> <li>• Leidingen aangelegd vanaf 1980: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.</li> </ul>
<b>Inwendige corrosie</b>	<p>Corrosiemanagementsysteem bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bepaling van product corrosiviteit;</li> <li>• toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit; (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner");</li> <li>• effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).</li> </ul>
<b>Uitwendige corrosie</b>	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.
<b>Natuurlijke oorzaken</b>	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende voorzieningen getroffen.

<p><b>Operationeel en overige faalorzaken</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gespecificeerde werkgebied m.b.t debiet, druk, temperatuur, trip settings.</li> <li>• Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen.</li> <li>• Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.</li> <li>• Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).</li> </ul>
---	--

### ***Randvoorwaarden 'graafschade door derden'***

Ten aanzien van faaloorzaak '*graafschade door derden*' zijn een aantal risico reducerende voorzieningen geformuleerd met bijbehorende reductiefactoren. In deze paragraaf worden de randvoorwaarden voor de verschillende voorzieningen gegeven.

#### **Cluster 1**

##### *Actief rappel*

- De exploitant dient binnen 10 werkdagen na de melding met de grondroerder contact op te nemen indien deze dat nog niet heeft gedaan.

#### **Cluster 2**

Het betreft de voorzieningen *waarschuwing lint, beschermplaten* en de combinatie *waarschuwing lint + beschermplaten*.

- De minimumafstand tussen een buisleiding en het beschermende materiaal en de breedte van de afdekking moet in een standaarddocument worden vastgelegd. De combinatie van beide factoren (beschermend materiaal en de afstand tussen het materiaal en de buisleiding) moet dusdanig zijn dat ook bij toepassing van de grootste graafmachines die op dat moment worden gehanteerd, de afdekking effectief is en de buisleiding niet wordt geraakt.
- De sterkte en geschiktheid van afwijkende materialen of constructies dient te worden aangetoond door middel van veldtesten. Uitgangspunt is dat veldtesten op dezelfde wijze worden uitgevoerd als de veldtesten die zijn uitgevoerd voor bepaling van de reductiefactor voor beschermplaten [13]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid<sup>13</sup>.
- Indien door de afdekking van een buisleiding ook andere buisleidingen worden afgedekt, zal hierover met de andere buisleidingexploitanten moeten worden overlegd.
- Deze voorziening kan alleen worden toegepast wanneer de buisleidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze voorziening. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

#### **Cluster 3**

Het betreft de voorziening waarbij een beheerovereenkomst is afgesloten die een bepaalde beperking bevat.

##### *Overeenkomst met vergaande restricties:*

- De grond wordt uit gebruik genomen door het pachten van de grond of door een strikte beheerovereenkomst die alle gebruik van de grond uitsluit.

<sup>13</sup> Indien in alle experimenten de voorziening effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de voorziening voor één experiment niet effectief was. Deze aanname is nodig omdat met een beperkt (n) aantal testen niet kan worden uitgesloten dat de (n+1)<sup>de</sup> test tot falen leidt.



- Het betreffende deel van de grond wordt afgerasterd.
- Er wordt markering toegepast.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het buisleidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.
- Aanvragen voor graafwerkzaamheden door de eigenaar en derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende buisleidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.
- Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst waarbij graven/boren verboden is (zie voorziening '*Overeenkomst, graven/boren verboden*').

*Overeenkomst, graven/boren verboden:*

- Bij een overeenkomst waarbij grondroerende activiteiten worden uitgesloten is het gebruik van de grond als bijvoorbeeld weidegebied toegestaan. Het gebruik als bijvoorbeeld parkeer- of opslagterrein is ook mogelijk, mits voor de realisatie hiervan geen graafwerkzaamheden nodig zijn.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het buisleidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.
- Aanvragen voor graafwerkzaamheden door derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding van een graafactiviteit moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende buisleidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.
- Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst met beperkte restricties (zie voorziening '*Overeenkomst, beperkte restricties*').

*Overeenkomst, beperkte restricties:*

- Bij een overeenkomst met beperkte restricties zijn grondroerende activiteiten niet helemaal uitgesloten, maar worden wel beperkingen opgelegd ten aanzien van de diepte van bewerking van de grond.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de (helikopter)inspecties moet het buisleidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

**Cluster 4**

*Hekwerk*

- Een hekwerk moet voorkomen dat de directe omgeving rond de buisleiding kan worden betreden. Indien een hekwerk alleen het gebied in de nabijheid van de buisleiding omsluit, maar dat het gebied verder vrij

eenvoudig kan worden betreden, moet een hekwerk worden gezien als markering.

- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de buisleiding mag niet worden belemmerd.

#### *Dijklichaam*

- De ophoging ten opzichte van het maaiveld is minimaal één meter hoog en deze hoogte moet ook worden onderhouden. Een andere optie is om een dijklichaam van 50 cm hoog te creëren maar dan moet het dijklichaam worden omsloten door een (metalen) net dat genoeg weerstand kan bieden indien er toch gegraven mocht worden.
- De ophoging moet aaneengesloten zijn over het buisleidingstuk waarvoor de voorziening wordt toegepast. Omdat niet kan worden voorkomen dat er toch wegen etc. moeten worden gekruist, wordt als richtwaarde aangehouden dat minimaal 98% van het betreffende buisleidingstuk door een dijklichaam moet worden beschermd. Als minder dan 98% van het buisleidingstuk wordt beschermd, moet in een risico- en effectrapportage specifiek rekening worden gehouden met de onderbrekingen. Het deel dat niet door het dijklichaam wordt beschermd, moet op een andere manier worden beschermd, bijvoorbeeld door een wegverharding. Ook moet aan het begin en eind van de onderbreking extra markering worden geplaatst.
- De voorziening moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de buisleiding.
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de buisleiding mag niet worden belemmerd.

#### *Barrière op maaiveld*

- De afstand tussen de barrière en de buisleiding moet beperkt zijn tot één à twee meter van de buisleiding.
- Losstaande paaltjes mogen maximaal 20 cm van elkaar geplaatst worden.
- Deze voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de buisleiding mag niet worden belemmerd.

### **Cluster 5**

#### *Strikte begeleiding werkzaamheden*

- Bij een melding neemt de buisleidingexploitant zelf direct contact op met de daadwerkelijke uitvoerder van de werkzaamheden. Bij dit contact worden werkafspraken gemaakt die schriftelijk worden vastgelegd. Tot het moment dat er contact wordt gelegd met de uitvoerder moet de buisleidingexploitant dagelijks de situatie ter plekke controleren.
- Indien er tussen de melding en de aanvang van de werkzaamheden meer dan een week zit, moet de buisleidingexploitant iedere week (tot aanvang van de werkzaamheden) contact opnemen met de uitvoerder van de werkzaamheden.
- Als de werkzaamheden langer dan een week duren, moet wekelijks (totdat de werkzaamheden zijn afgerond) een extra inspectie ter plaatse plaatsvinden door de buisleidingexploitant.
- Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.
- Het moet voor degene die bij de buisleidingexploitant de melding van de werkzaamheden afhandelt direct duidelijk zijn dat voor het betreffende buisleidingdeel een strikte begeleiding van toepassing is. Dit zal in de

procedure voor de afhandeling van de meldingen moeten worden geborgd.

#### *Cameratoezicht*

- Het toezicht moet continu zijn.
- Het toezicht moet mogelijk zijn over het gehele buisleidingstuk waarvoor de reductiefactor wordt toegepast.
- Bij constatering van (voorbereidingen van) werkzaamheden nabij de buisleiding moet binnen enkele minuten ingegrepen kunnen worden om de werkzaamheden stil te leggen.
- Er moet een terugkoppeling zijn van gemelde werkzaamheden richting de toezichthouder, zodat er geen valse alarmen ontstaan.

#### **Cluster 6**

Randvoorwaarde bij deze voorziening is dat de dekking aan weerszijden van de leiding effectief moet zijn. De dekking moet zodanig zijn aangebracht dat verwacht mag worden dat een grondroerder die loodrecht op de leiding graaft, het maaiveld blijft volgen en niet de extra gronddekking negeert door het niveau op graafdiepte aan te houden. Als leidraad geldt dat bij een extra gronddekking tot 20 centimeter de extra dekking over minimaal 10 meter aan weerszijden van de leiding moet worden aangebracht. Bij een extra gronddekking groter dan 20 centimeter moet de extra dekking minimaal over de belemmerde strook worden aangebracht.

#### ***Randvoorwaarden 'Inwendige corrosie – corrosiviteit medium'***

*De corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de kwaliteit van het medium dient gemonitord te worden.*

Opname onderbouwing "inherent niet-corrosief medium" c.q. "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.

#### ***Randvoorwaarden 'Uitwendige corrosie – corrosiviteit buismateriaal'***

*Het ontbreken van corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de omgeving (verzuring, bacteriën, wortels, grondroeren, interferentie) dient gemonitord te worden.*

Opname onderbouwing "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.

## Referenties

1. Laheij, G.M.H., *Risicomethodiek nat- en zuurgasleidingen*. RIVM-briefrapport 076/09. 2009, RIVM.
2. *Toepassing reductiefactoren aardgastransportleidingen NAM*, brief EP201009306728JA 2010, NAM.
3. *Bevb-rekenmethodiek en rekenmodel buisleidingen met nat aardgas*, Directie Risicobeleid, brief RB/2010029497 2010, Ministerie van IenM.
4. Laheij, G.M.H., A.A.C. van Vliet, and E.S. Kooij, *Achtergronden bij de vervanging van zoneringafstanden hogedruk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie*. RIVM-rapport 620121001/2008 2008.
5. *module IV van het rekenvoorschrift omgevingsveiligheid*. 26-06-2020]; Available from: <https://omgevingsveiligheid.rivm.nl/rekenvoorschrift-omgevingsveiligheid>.
6. *Wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken*. Available from: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040728/2019-01-01>.
7. RIVM-brief, *Risicomethodiek aardgastransportleidingen*. Kenmerk 390/06. 2006.
8. Ministerie van VROM, *Levering gegevens registratiebesluit*. Directie Risicobeleid, brief RB/2009015955. 2009.
9. RIVM-brief, *Consequentieonderzoek hogedruk aardgastransportleidingen overige exploitanten*, kenmerk 004/10 2010.
10. Det Norske Veritas (DNV), *Software for the Assessment of flammable, explosive and toxic impact. (SAFETI-NL) versie 8*. 2019.
11. I&M Brief, *Aanvullende mitigerende maatregelen buisleidingen*, referentienummer IENM/BSK 2014/74036. 28 maart 2014.
12. RIVM-brief, *Invloed diepteligging en wanddikte op de faalfrequentie voor leidingen met aardolieproducten en overige leidingen*, referentienummer 165/11 CEV Vli/sij-3063. 26 juni 2011.
13. Corder, I., *The application of risk techniques to the design and operation of Pipelines*, in *Conference on pressure systems: operation & risk management*. 1995, Institution of Mechanical Engineers: London. p. 113-125.
14. *Regeling externe veiligheid buisleidingen*, artikel 6, lid 2.
15. *Register risicosituaties gevaarlijke stoffen (RRGS)*, situatie maart 2010.
16. RIVM-brief, *Analyse faalkans CONCAWE-database*, referentienummer 099-08/CEV Rik/mjd. 11 april 2008.
17. Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 2, *Methods for the calculation of physical effects ('Gele boek')*. 2005, Ministerie van VROM.
18. Ullmann, F., *Ullmann's Encyclopedia of industrial Chemistry*. 2001, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH.