



*rivm*

Rapport 620121001/2008

G.M.H Laheij | A.A.C van Vliet | E.S. Kooi

## Achtergronden bij de vervanging van zoneringsafstanden hoge druk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie

RIVM Rapport 620121001/2008

## **Achtergronden bij vervanging van de zoneringsafstanden hoge druk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie**

G.M.H. Laheij  
A.A.C. van Vliet  
E.S. Kooi

Contact:  
G.M.H. Laheij  
Centrum Externe Veiligheid  
gerald.laheij@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu, Directoraat-Generaal Milieu, Directie Risicobeleid, in het kader van project 620121, Buisleidingen

© RIVM 2008

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'.

## Rapport in het kort

### **Achtergronden bij vervanging van de zoneringafstanden hoge druk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie**

In Nederland ligt ongeveer 12.000 kilometer aan aardgasleidingen waardoor de Nederlandse Gasunie onder hoge druk aardgas transporteert. Naar aanleiding van nieuwe inzichten is een nieuwe methodiek voor deze transportleidingen ontwikkeld om de risico's ervan te analyseren. Hierbij is zowel de kans dat een leiding beschadigd raakt en breekt, als het effectmodel herzien. Het RIVM heeft het onderzoek in samenwerking met de Gasunie uitgevoerd.

Onderwerpen van onderzoek waren de mate waarin bebouwde omgeving bijdraagt aan de ontstekingskans en de gevolgen van de zogeheten grondroordersregeling. Deze wetgeving, die 1 juli 2008 in werking is getreden, stelt gravers verplicht de graafwerkzaamheden te melden en zorgvuldig te graven. Daarnaast stelt zij eisen aan de wijze waarop de leidingbeheerder de melding afhandelt. De wet moet de kans dat een leiding wordt geraakt, terugbrengen.

Een van de consequenties van de nieuwe rekenmethode is dat de zoneringafstanden rondom de buisleidingen veranderen. Hierdoor zullen op circa honderd locaties woningen te dicht op een leiding staan. Er bestaan evenwel maatregelen die in zulke situaties toch kleinere zoneringafstanden toestaan. Voorbeelden zijn afspraken met grondeigenaren over het grondgebruik en het plaatsen van fysieke barrières boven de leiding, zoals een hekwerk of paaltjes die de leiding beschermen. In het rapport wordt de effectiviteit van deze maatregelen geschat. Ook is gekeken hoe de invloed van corrosie op de kans op een ramp met meer dan tien slachtoffers kan worden beperkt.

Trefwoorden: aardgas; transportleidingen; ontstekingskans; maatregelen; externe veiligheid



## Abstract

### **Background information on substitution of the safety distances of high pressure natural gas pipelines of N.V. Nederlandse Gasunie**

In the Netherlands, natural gas is transported by the N.V. Nederlandse Gasunie through 12,000 kilometres of high pressure pipelines. As a result of new insights, a new methodology has been developed to analyse the risks of these pipelines. Both the probability of damage to the pipeline, as the effect modelling have been revised. This research has been done by RIVM in cooperation with Gasunie.

Research topics were the extent to which the build environment contributes to the ignition probability, and the consequences of the so-called 'Grondroordersregeling' (excavation regulation). This regulation, which came into force on July 1, 2008, compels excavators to report digging activities. In addition, it regulates the handling of digging reports by pipeline owners. The law should result in a reduction of pipeline damages.

One of the consequences of the new calculation methodology is that zoning distances around pipelines will change. This will lead to about 100 locations with dwellings too close to a pipeline. However, there are measures which, when taken, permit smaller zoning distances in such situations. Agreements with landowners about land utilization and a fence or bollards to protect the pipeline are examples of such measures. In this report the influence of these measures is estimated. Also it is investigated how to reduce the influence of corrosion on the societal risk.

Key words: natural gas, pipelines, ignition probability, measures, external safety



# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>Lijst van afkortingen</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
<b>2 Uitgangspunten van de methodiek</b>	<b>15</b>
2.1 Scenario's	15
2.2 Faalfrequentie	15
2.3 Bronterm	19
2.4 Effecten	19
<b>3 Invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans</b>	<b>21</b>
3.1 Bijdrage inhoud van de krater	22
3.2 Bijdrage infiltratie in woning	23
3.3 Conclusie	24
<b>4 Grondroerdersregeling</b>	<b>25</b>
4.1 Systematiek vaststelling invloed grondroerdersregeling	25
4.2 Meldingspercentage	28
4.3 Oorzaken van leidingschade ondanks een melding	28
4.3.1 Start van de werkzaamheden wordt niet gemeld	28
4.3.2 Afwijking van de oorspronkelijk geplande werkzaamheden	29
4.3.3 Ondanks afspraak werkzaamheden zonder toezicht begonnen	30
4.3.4 Slechte communicatie tussen aannemer en uitvoerder	30
4.3.5 Positie van leiding niet correct	31
4.3.6 Verkeerde interpretatie van de melding	31
4.3.7 Overig/niet duidelijk	31
4.4 Schatting reductie door grondroerdersregeling	32
<b>5 Risicoreducerende maatregelen voor External Interference</b>	<b>33</b>
5.1 Markering	33
5.2 Wettelijke grondroerdersregeling en actieve rappel	33
5.3 Maatregelen afhankelijk van de grondroerdersregeling	34
5.3.1 Strikte begeleiding van de werkzaamheden	34
5.3.2 Cameratoezicht	35
5.3.3 Frequentere inspecties	36
5.4 Maatregelen onafhankelijk van de grondroerdersregeling	36
5.4.1 Vergroten van dekking	36
5.4.2 Afdekken met beschermend materiaal	37
5.4.3 Vermijden van andere kabels en leidingen	38
5.4.4 Beheermaatregelen	38
5.4.5 Vergunningafspraken	39
5.4.6 Fysieke barrières	40
5.5 Toepassing van meerdere maatregelen	41



<b>6</b>	<b>Consequentieonderzoek voor de gerealiseerde situatie</b>	<b>43</b>
6.1	Aanvullend onderzoek PR-knelpunten	44
6.2	Aanvullend onderzoek GR-aandachtspunten	44
<b>7</b>	<b>Consequentieonderzoek geprojecteerde bebouwing en nieuwe situaties</b>	<b>47</b>
7.1	Verwerking aangeleverde gegevens Gasunie	47
7.2	Selectie van gegevens uit de Nieuwe Kaart van Nederland	47
7.3	Selectie van Gasuniegegevens	48
7.4	Resultaten	49
7.4.1	Geprojecteerde bebouwing	49
7.4.2	Nieuwe situaties en onbekende status van een plan	49
7.4.3	Kanttekeningen	50
<b>8</b>	<b>Relatie faalfrequentie corrosie en GR-aandachtspunten</b>	<b>53</b>
8.1	Invloed corrosie op mogelijkheid oplossen GR-aandachtspunten	53
8.2	Beschrijving bepaling faalfrequentie corrosie	55
8.3	Mogelijkheden tot nuancering van de corrosiefaalfrequentie	56
8.4	Aanvullende maatregelen	57
<b>9</b>	<b>Conclusies</b>	<b>59</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>61</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Vaststelling van de risicomethodiek</b>	<b>63</b>

## Samenvatting

In Nederland ligt ongeveer 12.000 kilometer buisleiding waardoor de N.V. Nederlandse Gasunie aardgas onder hoge druk transporteert. Voor deze leidingen zijn de risico's begin jaren tachtig op basis van de toenmalige inzichten bepaald. De zoneringafstanden zijn vastgelegd in de circulaire 'Zonering langs hoge druk aardgasleidingen'. De zoneringafstand is hierin afhankelijk van de druk en diameter van de leiding en varieert voor kwetsbare bestemmingen van 4 meter voor de leidingen met de kleinste diameter tot 60 meter voor de grootste leidingen. De afgelopen jaren zijn de afstanden voor de leidingen van de Gasunie tegen het licht gehouden. Dit onderzoek is in samenwerking met de Gasunie uitgevoerd en heeft geleid tot een nieuwe risicomethodiek. Een aantal onderwerpen is specifiek door het RIVM bekeken en de resultaten van dat onderzoek worden in dit rapport beschreven. Het betreft:

1. de vaststelling van de bijdrage van de bebouwde omgeving aan de ontstekingskans  
Casuïstiek over de kans op ontsteking bij een leidingbreuk is alleen beschikbaar voor de vrije veld situatie. De invloed van de bebouwde omgeving is niet bekend en hiervoor is een schatting gemaakt. De bijdrage van de bebouwde omgeving is samengesteld uit de bijdrage van de kans op ontsteking als gevolg van 1) vonken op de gevel door uit de krater uitgeworpen puin en 2) de bijdrage van in huis geïnfilteerd gas dat binnenshuis ontsteekt.  
Er is geschat dat voor leidingen met een diameter van 16 inch of kleiner er een additionele kans op ontsteking van 0,1 is te verwachten als gevolg van de bebouwde omgeving.
2. de invloed van de grondroerdersregeling op de kans op raken van een leiding  
De risico's van aardgastransportleidingen worden voornamelijk bepaald door leidingbreuken die ontstaan als gevolg van leidingbeschadiging door derden. Om het aantal schades aan leidingen door graafwerkzaamheden verder te beperken, wordt de wet 'Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten' (WION of ook wel grondroerdersregeling) ingevoerd. Naast de verplichting om graafwerkzaamheden te melden, worden ook eisen gesteld aan de afhandeling van een melding door de leidingbeheerders van leidingen met gevaarlijke stoffen en de grondroerders. Geschat is dat een wettelijke grondroerdersregeling het aantal leidingbreuken met een factor 2,5 kan reduceren. De effectiviteit van de grondroerdersregeling is door het RIVM geschat op basis van een evaluatie door de Gasunie van hun afwikkeling van het KLIC-systeem en de onderliggende oorzaken bij een incident. Of de factor van 2,5 in de praktijk ook daadwerkelijk wordt gehaald, moet door een monitoringprogramma worden vastgesteld.
3. de invloed van aanvullende maatregelen op de kans op raken van een leiding  
Bij knelpuntsituaties rond hoge druk aardgastransportleidingen kan een aantal maatregelen worden toegepast om het risico terug te brengen tot een aanvaardbaar niveau. Het gaat hierbij om zowel fysieke als beheermaatregelen die het aantal schades als gevolg van graafwerkzaamheden terugdringen. Aan de maatregelen zijn randvoorwaarden verbonden waaraan moet worden voldaan wil de bijbehorende reductiefactor kunnen worden ingeboekt. Of de geschatte reductiefactor in de praktijk daadwerkelijk wordt gehaald, zal door monitoren van de maatregelen moeten worden bepaald.
4. consequenties van de nieuwe risicoafstanden voor de gerealiseerde bebouwing  
De consequenties van de nieuwe risicoafstanden voor de gerealiseerde bebouwing zijn geëvalueerd op landelijk niveau. Dit onderzoek is in samenwerking met de Gasunie uitgevoerd. De Gasunie heeft de consequenties op basis van de al gerealiseerde bebouwing onderzocht. Voor de gerealiseerde bebouwing is vastgesteld dat bij de introductie van de nieuwe afstanden voor

30 kilometer leiding de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico wordt overschreden. Het gaat hierbij om in totaal 102 knelpunten. Daarnaast is geschat dat voor ongeveer 75 kilometer leiding de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt overschreden. In de groepsrisicoanalyse zijn zowel bewoners als werknemers in de omgeving van een leiding meegenomen (peiljaar 2005).

5. consequenties van de nieuwe risicoafstanden voor geprojecteerde bebouwing

De consequenties van de nieuwe risicoafstanden voor de geprojecteerde bebouwing zijn geëvalueerd op basis van de Nieuwe Kaart van Nederland. Voor 65 tot 80 kilometer leiding kan een plaatsgebondenrisicoknelpunt ontstaan bij geprojecteerde, maar nog niet gerealiseerde, bebouwing. Het betreft hier situaties waarbij 'harde' plannen met als bestemming (gedeeltelijke) bewoning overlap vertonen met de berekende PR-contour van  $10^{-6}$  per jaar. Hierbij zijn alleen die situaties meegenomen waarbij de afstand tot de PR-contour van  $10^{-6}$  per jaar groter is dan de grootte van de belemmerde strook (4 of 5 meter). Of dit inderdaad knelpuntsituaties worden, hangt sterk af van de uiteindelijke ruimtelijke invulling van de plannen.

6. invloed van de corrosiefaalfrequenties op GR-aandachtspunten

In de risicomethodiek voor aardgastransportleidingen wordt voor de kans op een leidingbreuk naast de invloed van 'beschadiging door derden' ook 'corrosie' meegenomen. Het blijkt dat de bijdrage van corrosie een bodem legt in de mogelijkheid om het aantal aandachtspunten voor het groepsrisico te kunnen reduceren. Als aanvullende maatregel is voorgesteld om naast het generieke programma van corrosie-inspecties (dit zijn bijvoorbeeld coatinginspecties en pig-operaties) ook een specifiek programma van inspecties in te richten voor de GR-aandachtspunten waarvoor een nadere reductie in de corrosiefaalfrequentie is gewenst. De Gasunie heeft dit punt voor het totale leidingnet in haar zorgsysteem opgenomen waardoor de bijdrage van corrosie aan de faalfrequentie voor Gasunieleidingen niet meer in de berekeningen hoeft te worden meegenomen.

## **Lijst van afkortingen**

CFD	Computational Fluid Dynamics
EI	External Interference
HTL	Hoofd Transport Leiding (ontwerpdruk groter dan 40 bar)
KLIC	Kabels en Leidingen Informatie Centrum
LEL	Lower Explosion Limit
GR	Groepsrisico
PR	Plaatsgebonden risico
QRA	Kwantitatieve risicoanalyse
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RTL	Regionale Transport Leiding (ontwerpdruk kleiner dan 40 bar)
VPS	Vergelijking PipeSafe – Safeti
VROM	ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu
WION	Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten



# 1 Inleiding

In Nederland ligt ongeveer 12.000 kilometer buisleiding waardoor de N.V. Nederlandse Gasunie (hierna de Gasunie) aardgas onder hoge druk transporteert. Voor deze leidingen zijn begin jaren tachtig de risico's op basis van de toenmalige inzichten bepaald. De zoneringafstanden zijn vastgelegd in de circulaire 'Zonering langs hoge druk aardgasleidingen' [1]. De zoneringafstand is hierin afhankelijk van de druk en diameter van de leiding en bedraagt voor kwetsbare bestemmingen 4 meter voor de leidingen met de kleinste diameter tot 60 meter voor de grootste leidingen. De afgelopen jaren zijn de afstanden van de Gasunieleidingen weer tegen het licht gehouden. Aanleiding hiervoor was de ontwikkeling, in internationaal verband, van het rekenpakket PipeSafe [2]. De Gasunie is bij de ontwikkeling van PipeSafe betrokken en wil dit pakket ook als standaardpakket gebruiken voor het uitvoeren van QRA's voor hoge druk aardgastransportleidingen. In opdracht van het ministerie van VROM zijn hiertoe twee studies uitgevoerd. Allereerst is de toepasbaarheid van het programma PipeSafe voor risicoberekeningen van aardgastransportleidingen onderzocht in de VPS-studie [3]. De conclusie van deze studie was dat het programma PipeSafe, onder enkele randvoorwaarden, kan worden geaccepteerd als instrument om een QRA uit te voeren voor aardgastransportleidingen [4]. In de vervolgstudie, die hier wordt beschreven, is door het RIVM in samenwerking met de Gasunie vastgesteld hoe de risicoberekeningen voor hoge druk aardgastransportleidingen in detail uitgevoerd dienen te worden. Het RIVM-advies aan het ministerie van VROM over de rekenmethodiek is in Bijlage 1 van dit rapport opgenomen [5].

De uitgangspunten voor de risicomethodiek voor aardgastransportleidingen worden vastgelegd in een Gasunierapportage [6]. Het RIVM heeft voor een aantal onderwerpen onderzoek verricht. Het betreft:

1. de vaststelling van de bijdrage van de bebouwde omgeving aan de ontstekingskans
2. de invloed van de grondroerdersregeling op de kans op raken van een leiding
3. de invloed van aanvullende maatregelen op de kans op raken van een leiding
4. de invloed van de corrosiefaalfrequentie bij het oplossen van groepsrisico aandachtspunten

Daarnaast zijn ook de consequenties van de nieuwe zoneringafstanden voor de gerealiseerde en geprojecteerde bebouwing onderzocht.

Het door het RIVM uitgevoerde onderzoek wordt in dit rapport beschreven. In hoofdstuk 2 wordt de risicomethodiek in het kort beschreven. In de hoofdstukken 3, 4, en 5 wordt het door het RIVM uitgevoerde onderzoek naar de ontstekingskans, de invloed van de grondroerdersregeling en overige maatregelen beschreven. Hoofdstukken 6 en 7 beschrijven het consequentieonderzoek voor de gerealiseerde en geplande bebouwing, waarna in hoofdstuk 8 de invloed van de corrosiefaalfrequentie bij het oplossen van groepsrisicoaandachtspunten wordt toegelicht.

Deze rapportage is complementair aan het rapport van de Gasunie [6] en heeft enkel betrekking op de leidingen van de Gasunie. Voor de overige aardgastransporteurs van zowel drooggas als natgas zal separaat bekeken moeten worden hoe bij de methodiek voor de Gasunieleidingen kan worden aangesloten.



## 2 Uitgangspunten van de methodiek

In dit hoofdstuk wordt in het kort de risicomethodiek voor hoge druk aardgastransportleidingen beschreven. Hierbij komen achtereenvolgens de gekozen scenario's, faalfrequenties, bronterm en meegenomen effecten aan de orde. Uitgebreidere informatie over de risicomethodiek is gegeven in de Gasunierrapportage [6]. In een RIVM-brief aan het ministerie van VROM wordt de vaststelling van de methodiek beschreven [4]. De inhoud van deze brief is opgenomen in Bijlage 1. Hoe om te gaan met de invloed van windturbines en eventuele domino-effecten tussen leidingen dient nog in een aanvullende studie te worden vastgelegd.

### 2.1 Scenario's

Voor leidingen worden in het transportdeel van het Paarse Boek twee representatieve scenario's voorgeschreven [7]:

1. een leidingbreuk
2. een 20 mm lek

Deze scenario's zijn ook voor de risicoberekening voor aardgastransportleidingen als uitgangspunt gekozen. Hoewel lekken vaker zullen voorkomen dan leidingbreuken, is hun bijdrage aan het risico ten opzichte van de leidingbreuken verwaarloosbaar. Dit is aangetoond door middel van berekeningen met PipeSafe [6]. Daarom is besloten de lekken niet meer in de risicoberekeningen mee te nemen en alleen de leidingbreuken te beschouwen.

### 2.2 Faalfrequentie

Door nieuwe inzichten bij de transporteurs van aardgas, zoals de Gasunie, is duidelijk geworden dat de kans op een incident significant kleiner is dan begin jaren tachtig werd aangenomen. Ook de onderliggende faaloorzaken zijn duidelijker in beeld gebracht. Op basis van incidentrapportages blijkt dat de risicobepalende leidingbreuken voornamelijk het gevolg zijn van graafwerkzaamheden door derden. In de risicomethodiek voor aardgastransportleidingen wordt hier specifiek rekening mee gehouden. Daarnaast wordt ook het falen van een leiding als gevolg van corrosie niet uitgesloten. De bijdrage hiervan is ook in de risicomethodiek opgenomen. Indien voor een leiding een specifiek corrosie-inspectiesysteem is ingericht, hoeft voor deze leiding de bijdrage van corrosie aan de faalfrequentie niet meer meegenomen te worden, zie hoofdstuk 8.

Omdat de kans op een leidingbreuk voornamelijk door graafwerkzaamheden wordt bepaald, is de kans op een beschadiging afhankelijk van de diepteligging van de leiding. Of een beschadiging resulteert in een leidingbreuk hangt vervolgens weer af van de wanddikte, druk, staalsoort en kerfslagwaarde<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Maat voor de brosheid van het materiaal



Een grotere diepteligging geeft een kleinere kans op raken van de leiding. De kans op raken is ongeveer een factor 10 lager per meter extra dekking. Door incidentrapportages te evalueren en de diepteligging van het leidingnet te categoriseren heeft de Gasunie de kans op raken van een leiding als functie van de diepteligging afgeleid [8]:

$$f(d) = e^{-2,4 \cdot d^{-3,5}} \quad (1)$$

$f(d)$  raakfrequentie ( $\text{km}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ )  
 $d$  dekking (m)

Deze relatie wordt nu ook in de risicomethodiek toegepast. De afgeleide relatie is geldig voor leidingen met een diepteligging tussen 0,4 en 2,0 meter. In een aanvullende studie zal moeten worden vastgesteld hoe de kans op raken is van leidingen die dieper liggen dan twee meter. Tot dan wordt voor leidingen die dieper dan 2 meter liggen uitgegaan van een diepteligging van 2 meter. Gegeven dat een leiding wordt geraakt kan de schade dusdanig zijn dat er uitstroom van gas optreedt. Dit wordt in PipeSafe nagegaan op basis van een breukmechanicamodel [9]. Hierbij zijn waargenomen schades bij leidingen van British Gas (lengte en diepte van een kras of deuk) als uitgangspunt genomen. Afhankelijk van de diameter, druk, wanddikte, staalsoort en kerfslagwaarde kan nu de kans op een leidingbreuk worden berekend. Om na te gaan of het door PipeSafe voorspelde aantal leidingbreuken overeenkomt met de waargenomen breuken, is het aantal voorspelde breuken afgeleid op basis van het actuele leidingsysteem van de Gasunie (peiljaar 2006). Dit aantal is vergeleken met het aantal waargenomen leidingbreuken in de periode 1977 – 2005 en 1995 - 2005, zie Tabel 1. Omdat vanaf 1977 de incidenten stelselmatig worden bijgehouden door de Gasunie is er voor gekozen dat jaar als beginjaar voor de vergelijking te kiezen.

Tabel 1 Door PipeSafe voorspeld en de door de Gasunie waargenomen leidingbreuken in de perioden 1977 – 2005 en 1995 - 2005

Diameter (inch)	Door PipeSafe voorspelde breuken (per jaar)	Waargenomen breuken 1977 – 2005 (per jaar)	Waargenomen breuken 1995 – 2005 (per jaar)
0-4	0,15	0,10	0
6-10	0,38	0,28	0
12-16	0,09	0,03	0
18-22	0,04	0	0
24-28	0,03	0	0
30-34	0,00	0	0
36-40	0,01	0	0
42-48	0,01	0	0
Totaal	0,7	0,4	0

Op basis van het faalfrequentiemodel FFREQ in PipeSafe zouden per jaar gemiddeld 0,7 breuken moeten hebben plaatsgevonden. Afhankelijk van met welk tijdvenster de berekende waarde wordt vergeleken, is er aanleiding om de berekende waarden te corrigeren voor de waargenomen waarden. De grootste correctiefactor kan worden toegepast indien voor het tijdvenster 1995 – 2005 gekozen zou kunnen worden. In onderstaande analyse wordt aangetoond dat er een significante trend in het aantal leidingbreuken is waar te nemen. Daarom kan van een recenter tijdvenster worden uitgegaan. Deze analyse is in samenwerking met het Expertisecentrum voor Methodes en Informatie (EMI) van het RIVM uitgevoerd.

In Tabel 2 wordt het aantal incidenten, lekken en breuken in de periode 1977 - 2005 weergegeven. In Figuur 1 is het aantal lekken en breuken per jaar geplot, waaraan tevens de trend is toegevoegd. Met name de breuken laten duidelijk een afname in de tijd zien. De trendlijnen zijn gefit met behulp van het statistische softwarepakket R [10]. Ook is met dit programma bekeken of deze trends statistisch significant zijn. Omdat het aantal incidenten tellingen zijn die bovendien altijd groter of gelijk aan nul zijn, is een normale lineaire regressie niet mogelijk. Immers, dit zou negatieve voorspellingen opleveren in de toekomst. Daarom is er gekozen voor een Poissonregressie, waarbij wordt aangenomen dat het aantal incidenten per jaar voldoet aan een Poissonverdeling. De Poissonregressie schat hier de intensiteit van het Poissonproces (het verwachte aantal per jaar) als functie van tijd. Dit levert de volgende regressievergelijkingen op:

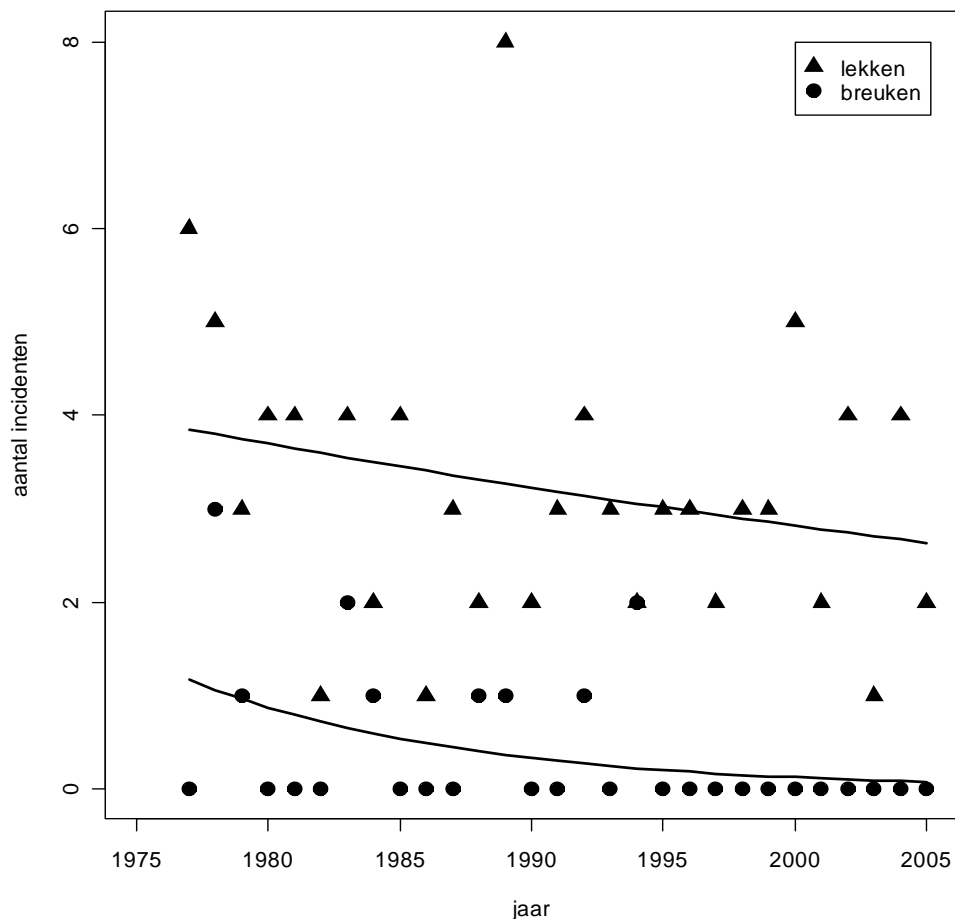
$$y = e^{1,34862 - 0,01355 (\text{jaar} - 1977)} \text{ voor het verwachte aantal lekken per jaar} \quad (2)$$

$$y = e^{0,16005 - 0,09630 (\text{jaar} - 1977)} \text{ voor het verwachte aantal breuken per jaar} \quad (3)$$

Tabel 2 Aantal incidenten, lekken en breuken van jaar tot jaar als gevolg van graafschade

Jaar	Incidenten	Lekken	Breuken
1977	25	6	0
1978	22	5	3
1979	14	3	1
1980	19	4	0
1981	13	4	0
1982	19	1	0
1983	16	4	2
1984	15	2	1
1985	28	4	0
1986	20	1	0
1987	15	3	0
1988	10	2	1
1989	40	8	1
1990	15	2	0
1991	18	3	0
1992	11	4	1
1993	11	3	0
1994	18	2	2
1995	23	3	0
1996	14	3	0
1997	13	2	0
1998	21	3	0
1999	30	3	0
2000	16	5	0
2001	15	2	0
2002	16	4	0
2003	16	1	0
2004	21	4	0
2005	17	2	0

Omdat deze vergelijkingen zijn gebaseerd op een beperkt aantal waarnemingen (29 jaren) en omdat de waarnemingen een zekere spreiding bevatten, zijn deze parameterschattingen onzeker. Daarom is getoetst, met een 5% onbetrouwbaarheidsmarge, of de twee trendparameters  $-0,01355$  en  $-0,09630$  van  $0$  verschillen. Als dat zo is, dan is de trend statistisch significant. De uitkomst van de toets is een  $p$ -waarde. Een  $p$ -waarde kleiner dan  $0,05$  betekent dat de parameter significant van  $0$  verschilt. De gevonden  $p$ -waarden zijn  $0,276$  voor de lekken en  $0,0192$  voor de breuken. Dat betekent dat er in de lekken geen significant dalende trend is, maar dat er in de breuken wel een significante dalende trend is in de periode 1977 - 2005. Op basis hiervan is geconcludeerd dat het tijdvenster van 1995 – 2005 meer representatief is voor de vergelijking van het aantal waargenomen en met PipeSafe voorspelde leidingbreuken dan het tijdvenster 1977 – 2005. Onder de aanname dat de kans op één of meerdere breuken per jaar gelijk is aan  $y$ , is de kans om 11 jaar achtereenvolgens geen breuk te zien gelijk aan  $(1 - y)^{11}$ . Bij ongeveer  $y = 0,25$  is  $(1 - y)^{11}$  gelijk aan  $0,05$ . Dit kan worden geïnterpreteerd als dat met 95% betrouwbaarheid gesteld kan worden dat de kans op 1 of meerdere breuken per jaar kleiner is dan  $0,25$ . Meer exact berekend komt de 95%-bovengrens overeen met  $0,24$  leidingbreuk per jaar. Op basis daarvan wordt nu een correctiefactor van  $2,8 (=0,7/0,25)$  toegepast op de door PipeSafe berekende faalfrequenties.



Figuur 1 Trend in het aantal leiding lekken en leidingbreuken

Door het ministerie van VROM is beslist dat de geschatte invloed van de grondroedersregeling (factor 2,5) en de aanvullende rappel door de Gasunie (factor 1,2, zie paragraaf 5.2) ook in de berekende faalfrequentie worden verwerkt. Dit maakt dat de totale correctie op de door PipeSafe berekende faalfrequenties voor Gasunieleidingen een factor 8,4 ( $= 2,8 \times 2,5 \times 1,2$ ) bedraagt. Zie voor invloed van de grondroedersregeling en de aanvullende rappel hoofdstuk 4, paragraaf 5.2 en Bijlage 1. Voor leidingen van andere aardgastransporteurs moet worden onderzocht of de factor 2,8 voor de casuïstiek en de factor 1,2 voor de aanvullende rappel van toepassing zijn. Dit kan op basis van de vergelijkbaarheid van het veiligheidsbeheersysteem of de casuïstiek en de afhandeling van een KLIC-melding (zie hoofdstuk 4).

## 2.3 Bronterm

De uitstroomberekeningen zijn in PipeSafe uitgevoerd voor een leidingstuk van 64 kilometer, waarbij op de helft van dit leidingstuk een leidingbreuk optreedt. Hier treedt een tweezijdige uitstroom van aardgas op, die een verticale jet vormt. De belangrijkste parameters voor de bepaling van het uitstroomdebiet zijn de diameter en druk van de leiding. Hoewel de druk in de leiding in tijd en afstand zal variëren is beleidsmatig besloten om voor de uitstroomberekeningen uit te gaan van de ontwerpdruk van de leiding [11]. Bij een breuk van een ondergrondse leiding ontstaat een krater waardoor omgevingslucht wordt aangezogen. Hier wordt in de berekeningen rekening mee gehouden.

Omdat de uitstroom bij een leidingbreuk meer dan een uur kan duren en de bronterm sterk afhankelijk is van het tijdstip waarop wordt gekeken, moet een keuze worden gemaakt over welke tijdperiode de uitstroom bepaald wordt. De maximale blootstellingduur voor warmtestraling bedraagt 20 seconden [7]. Het tijdstip van ontsteken vindt voor 75% plaats in de eerste halve minuut en voor 25% na twee minuten [4][6]. Daarom is er voor gekozen om het debiet te bepalen over de perioden 0 – 20 seconden en 120 – 140 seconden, zie ook Bijlage 1. De kans op ontsteking is afhankelijk van de diameter en druk van de leiding. De invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans is uitgewerkt in hoofdstuk 3.

## 2.4 Effecten

Indien in een hoge druk aardgasleiding een breuk optreedt, ontstaat er een verticale jet die na ontsteking in een fakkel resulteert. Deze fakkel kan voor de grootste leidingen tot een hoogte van enkele honderden meters reiken. De effectafstanden als gevolg van de warmtestraling zijn aanzienlijk groter dan geschat voor de circulaire [1]. Grootschalige experimenten hebben dit aangetoond [2].

In de risicomethodiek wordt alleen met de effecten van warmtestraling rekening gehouden. Overdrukeffecten als gevolg van de fysische explosie treden ook op maar deze liggen binnen de effectzone van de ontstane fakkels. Hierdoor is de bijdrage van overdrukeffecten aan het risico verwaarloosbaar [6] en worden ze niet in de risicoberekeningen meegenomen.



### 3 Invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans

Bij het vrijkomen van het aardgas bij een leidingbreuk ontstaat er een verticale jet die kan ontsteken. Door het ontsteken van de jet ontstaat een fakkel. Voor de in de rekenmethodiek te hanteren ontstekingskans van de jet is door de Gasunie voorgesteld om de door hen afgeleide relatie te gebruiken [6]. Op basis van casuïstiek van verschillende aardgastransporteurs is een relatie afgeleid waarbij de ontstekingskans afhankelijk is van de druk en diameter van de leiding. De beschikbare casuïstiek is waarschijnlijk alleen van toepassing op de niet-bebouwde omgeving (het 'vrije veld') en de invloed van de bebouwde omgeving is hier dus niet in meegenomen. In dit hoofdstuk wordt de geschatte invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans beschreven. Er is nagegaan of de invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans vast is te stellen met behulp van experimenten. Echter, door het grote aantal variabelen dat een rol speelt bij de kans op ontsteking, kon geen goede experimentele opzet worden vastgesteld. Wel zijn CFD-berekeningen [12] uitgevoerd bij het voorbereidend onderzoek voor de experimenten. De resultaten van deze berekeningen zijn bij de inschatting gebruikt.

Er zijn twee bijdragen geïdentificeerd waarop de bebouwde omgeving bij een leidingbreuk van invloed kan zijn op de kans op ontsteking. In de eerste fase van het project 'Ignition of Gas Releases' is een literatuurstudie uitgevoerd naar de mogelijke factoren die een rol spelen bij de kans op ontsteking [13]. Van de onderzochte factoren worden alleen bliksem (indien dit de oorzaak is van het incident) en 'door inslag gegenereerde vonken' (kwalitatief) ingedeeld als factoren met een hoge kans op ontsteking. De kans op ontsteking door overige factoren als auto's, elektrische of elektrostatische bronnen worden kwalitatief ingedeeld in de categorie 'lage kans van optreden'. Op basis van dit onderzoek is de bijdrage van het botsen van de vrijgekomen inhoud uit de krater (puin/stenen) op de gevel van een gebouw onderzocht. Daarnaast is ook de infiltratie van het vrijgekomen gas in woningen of andere gebouwen bekeken. De invloed van bliksem is niet meegenomen omdat de kans van optreden klein is.

Andere mogelijke ontstekingsbronnen, zoals auto's, kunnen vanwege hun relatief geringe hoogte buiten beschouwing worden gelaten. Hiervoor is bekeken op welke afstand als functie van de hoogte van een ontstekingsbron er nog een kans bestaat dat een jet wordt ontstoken door deze ontstekingsbronnen. Vanwege onzekerheden als turbulentie, niet uniforme menging wordt berekende 50%-LEL-contour aangehouden als de grens waarbinnen een gas-luchtmengsel nog zou kunnen ontsteken. Op basis van deze contouren is vastgesteld dat ontstekingsbronnen met een maximale hoogte van 1 tot 2 meter vanaf een afstand van 4 meter van de leiding niet bijdragen aan de ontstekingskans. Op basis van de 50%-LEL-contour is ook bepaald dat voor de leidingen met een diameter groter dan 16 inch en een druk van 66 bar of groter, er geen additionele kans op ontsteking is door nabijgelegen gebouwen met een hoogte tot 20 meter. De reden is dat de hoogte waarop de jet nog kan ontsteken hoger is dan 20 meter. Voor leidingen met een diameter groter dan 16 inch kan dan ook worden uitgegaan van de door de Gasunie voorgestelde druk - diameter relatie. Voor leidingen met een diameter kleiner dan 16 inch moet wel rekening worden gehouden met de bebouwde omgeving.

In de analyse is er rekening mee gehouden dat woningen in principe op 5 meter van de leiding kunnen liggen.

### 3.1 Bijdrage inhoud van de krater

De bijdrage aan de ontstekingskans door de inhoud van de krater wordt veroorzaakt door grinddeeltjes die tegen een gevel slaan en zo vonken genereren. In Figuur 2 wordt de bijdrage schematisch weergegeven.

Vooraf grind (kwartshoudende steentjes groter dan 2 mm) wordt beschreven als materiaal dat vonken kan genereren [13]. Afhankelijk van de diameter van de grindsteentjes is geschat welk percentage van de kinetische energie nodig is om een vonk te genereren met voldoende energie om het gas te ontsteken. Voor grinddeeltjes met een diameter van 2 mm is 10% van de kinetische energie voldoende voor het ontsteken van het gas. Bij grinddeeltjes met een diameter van 20 mm is al 0,01% van de kinetische energie voldoende voor het ontsteken van het gas. Voor een typische grond is geschat dat deze voor ongeveer 5% uit grind bestaat [13]. Dit betekent dat er bij een ongeval honderden kilogrammen grind vrijkomen (een krater van 3 m<sup>3</sup> bevat ongeveer 400 kg grind). Er zullen zodoende duizenden steentjes met voldoende kinetische energie voor ontsteking worden uitgeworpen. Op basis van het bovenstaande is het zeker niet uit te sluiten dat er ontsteking kan plaatsvinden en is een kans van één dat er een vonk op de gevel ontstaat verdedigbaar. Er zullen dus voldoende vonken ontstaan die potentieel tot een ontsteking zullen leiden.

<b>bijdrage inhoud krater</b> = kans op een vonk door grinddeeltjes tegen een gevel × kans op gelijktijdig aanwezig zijn van een gaswolk en vonk aan de gevel × kans op aanwezigheid van een gevel
--

Figuur 2 Schematisch overzicht van de bijdrage van de inhoud van de krater

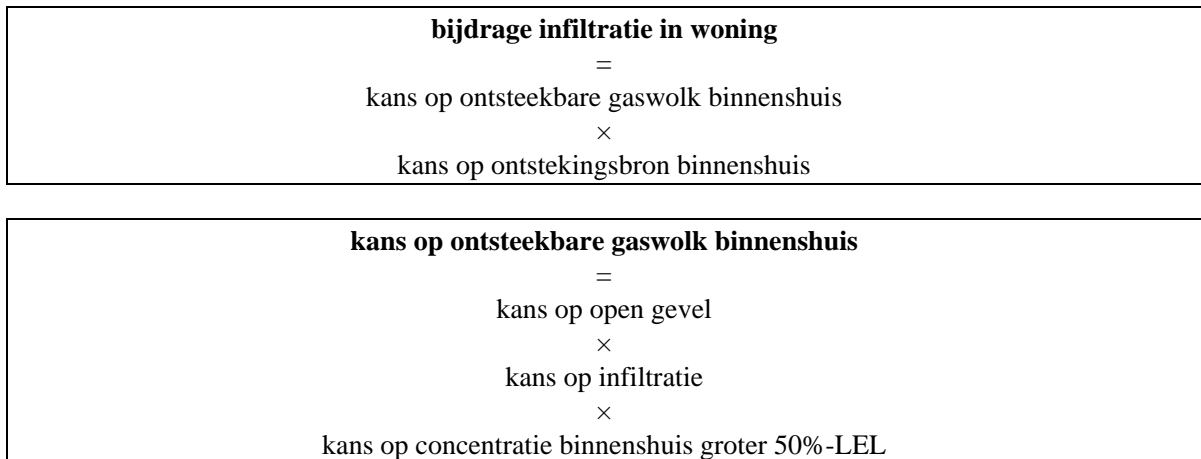
Gezien de geschatte uitwerpsnelheid van 30 m/s [13] zullen de meeste steentjes eerder bij de gevel aanwezig zijn dan de nog niet ontstoken jet. De schatting is dat het enkele seconden zal duren voordat de jet door de wind wordt afgebogen. Hierdoor is er een kans dat de vonk en een voldoende grote aardgasconcentratie niet gelijktijdig aanwezig zijn. Het gelijktijdig aanwezig zijn van vonk en aardgas zal het meest waarschijnlijk optreden bij windsnelheden groter dan 9 m/s. Uit de frequentietabellen van de verschillende weerstations blijkt dat er in ongeveer 10% van de tijd een windsnelheid groter dan 9 m/s voorkomt [14]. De kans op het gelijktijdig aanwezig zijn van een vonk en een voldoende aardgasconcentratie op de gevel is daarom gesteld op 0,1.

Huizen(rijen) kunnen in principe aan beide zijden van de leiding voorkomen. Daarom wordt aangenomen dat de kans dat de wind in de richting van de bebouwing staat en dus de jet in de richting van de bebouwing staat, 0,75 is.

De bijdrage van de inhoud van de krater aan de ontstekingskans, door het botsen van grindsteentjes op de gevel van een gebouw, bedraagt zodoende  $1 \times 0,1 \times 0,75 = 0,075$ .

### 3.2 Bijdrage infiltratie in woning

De bijdrage aan de ontstekingskans van infiltrerend gas in een woning of gebouw wordt bepaald door de in Figuur 3 genoemde factoren.



Figuur 3 Schematische weergave van de bijdrage van infiltratie van gas in woningen

*Kans op ontsteekbare gaswolk binnenshuis*

De in Figuur 3 genoemde factoren die de kans op een ontsteekbare gaswolk binnenshuis bepalen, worden hieronder besproken.

- De kans op een open gevel (dat wil zeggen dat ramen en/of deuren open zijn) is afhankelijk van het percentage ramen en/of deuren dat al voor het incident open stond of dat wordt beschadigd door het puin uit de krater of dat wordt beschadigd als gevolg van de fysische explosie. PipeSafe-berekeningen laten zien dat op relatief korte afstand 50% van de ramen zal breken als gevolg van de fysische explosie (20 mbar overdruk) [15]. Op basis van deze berekeningen is de kans op een open gevel gesteld op 1.
- De kans op een aardgasconcentratie op de gevel (groter dan 50% LEL) en daarmee samenhangend de kans op infiltratie van gas in een gebouw is afhankelijk van de windsnelheid en windrichting. Bij windsnelheden van 1,5 en 3 m/s worden op basis van PipeSafe-berekeningen geen concentratie > 50% LEL op de gevel gevonden [16], omdat de jet niet voldoende wordt afgebogen. Er is aangenomen dat vanaf een windsnelheid van 5 m/s wel aardgasconcentraties > 50%-LEL op de gevel kunnen worden bereikt. Uit de frequentietabellen van de verschillende weerstations [14] blijkt dat er gedurende ongeveer 35% van de tijd windsnelheden groter dan 5 m/s voorkomen. De kans dat de wind in de richting van de bebouwing staat, is 0,75 (zie ook paragraaf 3.1). De kans op infiltratie wordt dan  $0,35 \times 0,75 = 0,26$ .
- De kans dat op enige plaats binnenshuis een concentratie groter dan 50%-LEL wordt bereikt, wordt op basis van CFD-berekeningen op 1 gesteld [12].

De kans op een ontsteekbare gaswolk binnenshuis is  $1 \times 0,26 \times 1 = 0,26$ .



#### *Kans op ontstekingsbron binnenshuis*

- Het percentage van het oppervlak binnenshuis waar de aardgasconcentratie groter dan 50% LEL is, is op basis van CFD-berekeningen geschat op 0,5 [12].
- De kans dat er gelijktijdig een ontstekingsbron aanwezig is, is geschat op 0,25. Hierbij is uitgegaan van de volgende veronderstellingen:
  - er wordt één uur per dag gekookt, 4% van de tijd
  - kans op geiser met open vlam, 20% van het aantal huizen (20% van de huizen heeft nog een geiser met open vlam)

De kans op een ontstekingsbron binnen de 50% LEL-contour is  $0,5 \times 0,25 = 0,125$

#### *Totale bijdrage van infiltratie in woningen*

De totale bijdrage aan de ontstekingskans van infiltrerend gas in een woning of gebouw is  $0,26 \times 0,125 = 0,03$ .

### 3.3 Conclusie

De totale bijdrage van de bebouwde omgeving aan de ontstekingskans is 0,1. De opbouw van deze bijdrage is weergegeven in Figuur 4. De ontstekingskansen voor leidingen tot en met 16 inch zijn weergegeven in Tabel 3.

<b>bijdrage van bebouwde omgeving</b> <b>(0,1)</b> = bijdrage van het botsen van vrijgekomen inhoud van de krater (puin/stenen) op gevel (0,07) + bijdrage van infiltratie van het vrijgekomen gas in woningen (0,03)
--

Figuur 4 Overzicht van de opbouw van de bijdrage van de bebouwde omgeving aan de ontstekingskans

Dit leidt tot de in Tabel 3 gegeven ontstekingskansen voor leidingen tot 16 inch.

Tabel 3 Ontstekingskansen voor leidingen met een diameter kleiner of gelijk aan 16 inch (druk 40 bar)

Diameter leiding (inch)	Ontstekingskans	
	vanuit Casuïstiek	inclusief invloed bebouwde omgeving
4	0,08	0,18
6	0,09	0,19
8	0,102	0,20
10	0,118	0,22
12	0,136	0,24
14	0,149	0,25
16	0,172	0,27

## 4 Grondroerdersregeling

De risico's van aardgastransportleidingen worden voornamelijk bepaald door leidingbreuken die ontstaan als gevolg van leidingbeschadiging door derden. Via een melding bij het 'Kabels en Leidingen Informatie Centrum' (KLIC) kan een grondroerder voorafgaand aan de werkzaamheden informatie opvragen over de aanwezigheid van leidingen in de buurt van de geplande werkzaamheden. Het KLIC geeft deze melding door aan de verschillende kabelexploitanten en leidingbeheerders. De exploitanten en beheerders kunnen dan via het KLIC informatie over de ligging van hun kabels of leidingen aan de grondroerder leveren. Per jaar worden er ongeveer 11.000 bij KLIC gemelde graafwerkzaamheden in de nabijheid van hoge druk aardgastransportleidingen van de Gasunie uitgevoerd [17].

Onder het huidige KLIC-systeem bekijkt de Gasunie na een melding eerst of de werkzaamheden in de buurt van hun leidingen zijn gepland. Indien dit zo is, wordt direct contact gezocht met de melder en worden de werkzaamheden begeleid door de Gasunie [17].

Onder het huidige KLIC-systeem treden in het Gasunieleidingnet ongeveer 17 beschadigingen per jaar op, wat betekent dat in 0,15% van de gevallen waarbij graafwerkzaamheden in de buurt van een Gasunieleiding plaatsvinden, de leiding wordt beschadigd. Om het aantal schades aan leidingen door graafwerkzaamheden verder te beperken, wordt de wet 'Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten' (WION, hierna de grondroerdersregeling) ingevoerd [18][19][20]. Via deze wet worden, naast de verplichting om graafwerkzaamheden te melden, ook eisen gesteld aan de afhandeling van meldingen door de leidingbeheerders van leidingen met gevaarlijke stoffen en de grondroerders. De meldingen moeten na invoering van de grondroerdersregeling niet meer bij het KLIC worden gedaan, maar bij het Kadaster.

In dit hoofdstuk wordt een schatting gegeven van de invloed van de grondroerdersregeling op het aantal schades door graafwerkzaamheden aan leidingen met gevaarlijke stoffen. Er is een schatting gemaakt van de mogelijke reductiefactoren voor verschillende oorzaken die leiden tot schade aan een leiding, met bijbehorende randvoorwaarden. De invloed van de grondroerdersregeling is geschat door na te gaan in welke mate de genoemde randvoorwaarden zijn ingevuld. Hierbij zijn ook de handhaving van de grondroerdersregeling en de mogelijke sancties meegenomen. Omdat het onderzoek naar de invloed van de grondroerdersregeling in 2006 is uitgevoerd, is de schatting gebaseerd op de Tweede Kamerversie [18]. Bij verwijzingen naar artikelen uit de wet wordt de definitieve versie [19] gebruikt.

### 4.1 Systematiek vaststelling invloed grondroerdersregeling

Uitgangspunt voor de schatting is het Gasunierapport 'Bepaling effectiviteit KLIC-proces ten aanzien van aardgastransportleidingen' [17]. Daarnaast is ook onderzocht of de NEN-publicatie 'Verplichte Informatie-uitwisseling Ondergrondse Kabels en Leidingen' [21] aanknopingspunten geeft voor het toekennen van correctiefactoren. In de NEN-publicatie wordt een algemene evaluatie van het huidige KLIC-systeem gegeven.

De Gasunie heeft onderzocht wat het huidige percentage van de graafwerkzaamheden is dat bij het KLIC wordt aangemeld [17]. Ook is geanalyseerd waarom er in een aantal gevallen ondanks een

KLIC-melding toch een leidingbeschadiging optreedt. De belangrijkste bevindingen uit dit onderzoek zijn:

- a. 65% van alle graafwerkzaamheden nabij hoge druk aardgasleidingen is gemeld bij het KLIC. Het wettelijk verplicht maken van de huidige KLIC-systeem geeft een maximale reductiefactor in de kans op raken van een leiding van 1,35 (100% van de graafwerkzaamheden wordt gemeld in plaats van de huidige 65%);
- b. 48% van de graafwerkzaamheden die leiden tot leidingbeschadigingen is gemeld bij het KLIC. In Tabel 4 wordt de bijdrage van de verschillende onderliggende oorzaken gegeven.

Tabel 4 Bijdrage onderliggende oorzaken waarom ondanks een melding de leiding toch wordt beschadigd

Oorzaak	Bijdrage (%)
Start van de werkzaamheden wordt niet gemeld door de grondroerder	36
Afwijking van de oorspronkelijk geplande werkzaamheden	19
Ondanks afspraak voor toezicht, werkzaamheden zonder toezicht begonnen	14
Slechte communicatie tussen aannemer en uitvoerder	7
Positie van leiding niet correct	7
Verkeerde interpretatie van een KLIC-melding	5
Overig/oorzaak niet duidelijk	12

De genoemde 48% komt overeen met 57 incidenten in de periode 1996-2002. In totaal vonden 119 incidenten plaats. Gedurende deze periode zijn er ongeveer 75000 KLIC-meldingen geweest waarbij de Gasunie betrokken was. De Gasunie is betrokken wanneer de werkzaamheden plaatsvonden in de nabijheid van een Gasunieleiding.

In het NEN-onderzoek [21] worden in de informatie-uitwisseling de volgende knelpunten gesignaleerd:

- tijdigheid en snelheid van de informatie uitwisseling  
Het niet tijdig doorgeven van informatie kan er toe leiden dat een grondroerder de start van zijn werkzaamheden niet meer meldt.
- borging van het uitwisselingsproces  
Dit punt heeft vooral betrekking op het kaartmateriaal dat leidingbeheerders aanleveren. Omdat de Gasunie niet alleen kaartmateriaal aanlevert is dit voor de afhandeling van een melding door de Gasunie niet van toepassing.
- betrouwbaarheid en actualiteit van de aangeleverde gegevens  
De Gasunie houdt in principe toezicht bij graafwerkzaamheden. Pas sinds 2005 stelt de Gasunie kaartmateriaal beschikbaar, maar alleen als aanvullende informatie. Hierom is dit punt niet direct van toepassing op de afhandeling van een melding door de Gasunie.

Om een idee te krijgen van de mogelijke invloed van de grondroedersregeling wordt in Tabel 5 de relatie gegeven tussen de cumulatieve reductie van de onderliggende oorzaken uit Tabel 4 en de reductie in de kans op raken van een leiding. Hierbij is aangenomen dat 100% van de graafwerkzaamheden wordt gemeld. De relatie tussen de totale reductie in de verschillende oorzaken en de reductiefactor voor de kans op een leidingbreuk wordt afgeleid in het rapport over de evaluatie van de KLIC-systeem bij de Gasunie [17]. De afgeleide relatie wordt vereenvoudigd weergegeven in onderstaande vergelijking:

$$F_{reductie} = \frac{P(\text{beschadiging} \mid \text{huidige situatie})}{P(\text{beschadiging} \mid \text{grondroerdersregeling})} = \frac{1,35}{1 - R_{oorzaak}} \quad (4)$$

$F_{reductie}$ : reductiefactor in kans op raken van leiding

$R_{oorzaak}$ : cumulatieve fractie waarmee onderliggende oorzaken worden gereduceerd

Tabel 5 Relatie tussen de cumulatieve reductie in de onderliggende oorzaken die leiden tot schade aan een leiding en de reductiefactor in de kans op leidingbreuk

cumulatieve reductie onderliggende oorzaken ( $R_{oorzaak}$ )	reductiefactor kans op raken leiding ( $F_{reductie}$ )
0	1,3
0,33	2
0,55	3
0,66	4
0,73	5
0,78	6
0,81	7
0,83	8
0,85	9
0,87	10
0,88	11

Omdat de oorzaak ‘overig/niet duidelijk’ niet terug kan worden gebracht, bedraagt de maximaal te behalen reductie op de in Tabel 4 genoemde oorzaken 88%. Hierdoor zal de maximaal te behalen reductiefactor op de kans op raken van een leiding door een wettelijk verplichte grondroerdersregeling een factor 11 bedragen. Uit eventueel nader onderzoek zal moeten blijken of de oorzaak ‘overig/niet duidelijk’ kan worden teruggebracht. Dit zou bijvoorbeeld kunnen als de bijdrage kan worden verdeeld over de overige oorzaken.

Bij de waardering van de reductiefactoren zijn de volgende uitgangspunten toegepast:

1. De mogelijkheid tot reductie is groter als de benodigde aanpassing bij de leidingbeheerder ligt in plaats van bij de grondroerder. Als de oplossingsrichting bij de leidingbeheerder ligt, is een reductie van 60 tot 90% geschat. Als de oplossingsrichting bij de grondroerder ligt, is een reductie van 30 tot 60% geschat. Tijdsdruk zal bijvoorbeeld ook bij een wettelijke regeling zorgen dat een aannemer of grondroerder toch in de verleiding wordt gebracht om de werkzaamheden te starten zonder melding of toezicht.
2. Sancties in de vorm van boetes zijn weinig effectief of ze moeten dusdanig hoog zijn dat de kosten van de besparingen door het niet melden ruimschoots teniet worden gedaan. Handhaving moet dan heel strikt zijn (pakkans bijna 100%).
3. De maximale winst per oorzaak bedraagt 90%. Omdat de oorzaak ‘overig/oorzaak niet duidelijk’ niet kan worden teruggebracht, wordt hier geen reductiefactor aan toegekend. De maximale totale reductiefactor in alle onderliggende oorzaken bedraagt daarom 79% (= 0,88 × 90%). De maximale reductie op de kans op raken van een leiding bedraagt dan een factor 6,5.
4. het percentage van gemelde werkzaamheden bij het Kadaster bedraagt 100%.

De invloed van de grondroerdersregeling op het meldingspercentage en op de verschillende oorzaken waarom het ondanks een melding toch nog fout gaat, wordt hieronder besproken.

## 4.2 Meldingspercentage

Het wettelijk verplichten van het melden van graafwerkzaamheden geeft een maximale reductiefactor in de kans op een leidingbeschadiging van 1,3. De grondroerdersregeling stelt het melden verplicht (artikel 8) en er zijn ook sancties op het niet melden gesteld (artikel 26) [19]. Handhaving wordt alleen steekproefsgewijs uitgevoerd. Het geschatte aantal graafwerkzaamheden rond leidingen en netten bedraagt 270.000 per jaar. Geschat wordt dat 40.000 keer per jaar een kabel of leiding wordt geraakt [21]. Gezien het grote aantal schades is het daarom niet waarschijnlijk dat een grondroerder stelselmatig zonder meldingen werkzaamheden kan uitvoeren. Bij de schatting is daarom uitgegaan van 100% melding van de graafwerkzaamheden als gevolg van de invoering van de grondroerdersregeling.

## 4.3 Oorzaken van leidingschade ondanks een melding

### 4.3.1 Start van de werkzaamheden wordt niet gemeld

De Gasunie stuurt een brief naar de melder als geconstateerd wordt dat de Gasunie betrokken is bij een melding. In deze brief wordt de melder verzocht contact op te nemen met de Gasunie voor aanvang van de werkzaamheden. Uit het onderzoek naar de effectiviteit van het KLIC-systeem is gebleken dat de melder bij 36% van de incidenten geen contact heeft opgenomen met de Gasunie, ondanks een verzoek om dit wel te doen [17]. De werkzaamheden vonden daardoor plaats zonder het door de Gasunie gewenste toezicht. Redenen voor geen contact opnemen waren onder andere dat het bericht van de Gasunie was kwijtgeraakt of dat men het opnemen van contact met de Gasunie was vergeten. Oplossingen moeten daarom worden gezocht in de richting van het beter tot stand brengen van het contact tussen leidingbeheerder en grondroerder.

Mogelijke oplossingen om schades als gevolg van deze oorzaak te verminderen zijn:

1. Het verplicht stellen van het nemen van voorzorgsmaatregelen door de grondroerder en de leidingbeheerder van leidingen met gevaarlijke stoffen. De grondroerdersregeling voorziet hierin in artikel 2 en 13. De grondroerder is ook zelf verplicht voorzorgsmaatregelen te nemen, deze schriftelijk vast te leggen en voor te leggen aan de leidingbeheerder (artikel 13, lid 5). De leidingbeheerder moet controleren of hij al de voorstellen van de grondroerder binnen heeft gekregen. Deze taak van de leidingbeheerder is echter niet in de grondroerdersregeling vastgelegd.
2. De aanvangsdatum van de werkzaamheden moet hooguit een paar dagen voor aanvang worden gemeld. Hierdoor is de kans dat een grondroerder vergeet om contact op te nemen met de leidingbeheerder kleiner. De melding vindt plaats bij het Kadaster omdat de grondroerder dan maar één instantie hoeft te benaderen. De leidingbeheerder kan na ontvangst van de melding direct met de grondroerder contact opnemen om afspraken voor toezicht te maken, of een herbevestiging van de gemaakte afspraken doorgeven. Hieraan wordt door de grondroerdersregeling deels invulling gegeven in artikel 8. Hierin is voorgeschreven dat de melding hoogstens twintig dagen voor aanvang van de werkzaamheden mag plaatsvinden.
3. Bij een melding gaat het Kadaster na wie de graafwerkzaamheden uitvoert. Deze randvoorwaarde zorgt ervoor dat het voor de leidingbeheerder duidelijk is wie de werkzaamheden uitvoert. Hierdoor kan de leidingbeheerder eenvoudig de grondroerder benaderen wanneer deze verzuimt om contact op te nemen. De leidingbeheerder moet dan wel een actief rappelsysteem invoeren (zie ook paragraaf 5.2). De grondroerdersregeling geeft weinig of geen richting aan het tot stand brengen van de contacten tussen leidingbeheerder en grondroerder. Dit wordt alleen aan de grondroerder overgelaten (artikel 8, 13 lid 5).

4. Er wordt een maximumtermijn aan de geldigheidsduur van een melding gesteld. Eerdere (oriënterende) meldingen hebben geen geldigheid. Of deze maatregel doeltreffend is, zal er vooral van afhangen of een grondroerder op basis van eerdere ervaringen een inschatting maakt van de geldigheidsduur van een melding (alle oude meldingen waren achteraf gezien nog steeds geldig, dus de volgende zal dat ook wel zijn). Artikel 8 van de grondroerdersregeling geeft aan dat een melding ten hoogste 20 dagen voor aanvang van de werkzaamheden moet plaatsvinden.

Omdat de oplossingsrichtingen zowel bij de grondroerder als de leidingbeheerder liggen, is in overeenstemming met de uitgangspunten beschreven in paragraaf 4.1 geschat dat deze oorzaak met 60% kan worden teruggebracht.

Een aandachtspunt is dat er geen melding hoeft plaats te vinden wanneer de grond in eigendom is van de grondroerder, de graafwerkzaamheden ten hoogste tot een nog vast te stellen diepte gaan<sup>2</sup> en als bekend is dat er sinds de voorafgaande melding niets is veranderd aan de ligging van de netten in de grond (artikel 8). Er blijft een verplichting voor de grondroerder om de leidingbeheerder de mogelijkheid te geven voorzorgsmaatregelen aan of rond een leiding te nemen (artikel 13, lid 3 en 5). De grondroerdersregeling geeft echter niet aan hoe de grondroerder en leidingbeheerder met elkaar in contact moeten komen. Ondanks de voorwaarde dat werkzaamheden niet mogen aanvangen voordat de leidingbeheerder de voorzorgsmaatregelen heeft getroffen (artikel 13, lid 3), is de verwachting dat er toch nog schades blijven optreden als gevolg van onduidelijkheid in het aanvangstijdstip.

De maximale sanctie van €450.000 (artikel 26, lid 1) lijkt voldoende om potentiële overtreders af te schrikken. Omdat het gaat om een (administratieve) en steekproefsgewijze controle, lijkt de kans klein dat een overtreding wordt geconstateerd. De controles zijn voornamelijk voor een groot deel gericht op de telecom- en elektriciteitsnetten (paragraaf 3.4.2 van de memorie van toelichting bij de grondroerdersregeling [18]). Het is twijfelachtig of de grondroerdersregeling op dit punt effectief is. Wel biedt de grondroerdersregeling (artikel 21, lid 3) de mogelijkheid om op dit punt nadere regels te stellen.

#### 4.3.2 Afwijking van de oorspronkelijk geplande werkzaamheden

Ongeveer 19% van de incidenten wordt veroorzaakt doordat wijzigingen plaatsvinden van de oorspronkelijke werkzaamheden [17]. Voor het terugdringen van deze oorzaak worden de volgende oplossingen voorgesteld:

1. Het introduceren van een versnelde procedure waardoor (noodzakelijke) afwijkingen geen dagenlange vertragingen van de werkzaamheden opleveren.
  - a. Melding aan Kadaster en terugmelding naar de leidingbeheerder en aanwezigheid van toezicht binnen een paar uur. Aan deze procedure zijn wel extra kosten verbonden voor de grondroerder.
  - b. Met een online-systeem kan vrij snel worden geschat of de afwijkende werkzaamheden in de buurt van een leiding plaatsvinden.

In de grondroerdersregeling is geen versnelde procedure opgenomen. Indien de terugmelding van het Kadaster binnen twee werkdagen gebeurt, is aan de grondroerdersregeling voldaan (artikel 11).

2. Er moeten duidelijke voorschriften en sancties zijn ten aanzien van de onderzoeksplicht van de grondroerder. Zo moet het graven van een proefsleuf of de aanwezigheid van een vertegenwoordiger van de leidingbeheerder verplicht worden gesteld. In de grondroerdersregeling wordt op dit punt voldoende aandacht besteed door voorschriften en sancties (artikel 2 en 26). Voor leidingen met gevaarlijke stoffen zijn voorzorgsmaatregelen verplicht gesteld (artikel 13).

---

<sup>2</sup> In de definitieve versie is maximale diepte vastgesteld op 50 cm [St 08a]

3. Graafwerkzaamheden mogen alleen worden uitgevoerd door gecertificeerde bedrijven. Bij een overtreding wordt het certificaat (tijdelijk) ingetrokken. De grondroerdersregeling voorziet niet in een verplichte certificering van grondroerders. De memorie van toelichting van de grondroerdersregeling spreekt alleen van een vrijwillige certificering zonder sancties bij overtredingen (paragraaf 2.2) [18].

De grondroerdersregeling geeft alleen voldoende aandacht aan de tweede randvoorwaarde. De inschatting is dat de grondroerdersregeling op dit punt mogelijk niet effectief genoeg is. De reductie wordt daarom in overeenstemming met de uitgangspunten beschreven in paragraaf 4.1 geschat op 30%. Voor een grotere reductie is het waarschijnlijk noodzakelijk om nadere regels te stellen. De grondroerdersregeling biedt deze mogelijkheid (artikel 21, lid 3).

### **4.3.3 Ondanks afspraak werkzaamheden zonder toezicht begonnen**

Ongeveer 14% van de incidenten heeft als oorzaak dat de werkzaamheden ondanks gemaakte afspraken zonder toezicht zijn begonnen [17]. Voor het terugdringen van deze oorzaak worden de volgende oplossingen voorgesteld.

1. Er moeten duidelijke voorschriften en sancties zijn ten aanzien van de onderzoeksplicht van de grondroerder. Zo moet het van graven van een proefsleuf of de aanwezigheid van een vertegenwoordiger van de leidingbeheerder verplicht worden gesteld. In de grondroerdersregeling wordt op dit punt voldoende aandacht besteed door voorschriften en sancties (artikel 2 en 26). Voor leidingen met gevaarlijke stoffen zijn voorzorgsmaatregelen verplicht gesteld (artikel 13).
2. Graafwerkzaamheden mogen alleen worden uitgevoerd door gecertificeerde bedrijven. Bij een overtreding wordt het certificaat (tijdelijk) ingetrokken. De grondroerdersregeling voorziet niet in een verplichte certificering van grondroerders. De memorie van toelichting van de grondroerdersregeling spreekt alleen van een vrijwillige certificering zonder sancties bij overtredingen (paragraaf 2.2).
3. Er moeten sancties worden opgelegd aan de leidingbeheerder als deze de gemaakte afspraken niet tijdig nakomt. In de grondroerdersregeling wordt alleen een sanctie (aansprakelijkheid voor opgelopen vertragingsschade door grondroerder) gesteld als de leidingbeheerder niet binnen drie werkdagen de gewenste voorzorgsmaatregelen kan treffen.

Een aanvullend punt in de grondroerdersregeling is dat de werkzaamheden niet zonder de gewenste voorzorgsmaatregelen mogen worden begonnen (artikel 13, lid 3). Indien een grondroerder toch begint zonder de aanwezigheid van de leidingbeheerder, zou dit door de leidingbeheerder kunnen worden gemeld. Dit laatste is echter niet in de grondroerdersregeling geborgd.

Omdat de oplossingsrichting bij de grondroerder of aannemer ligt, is de geschatte bandbreedte van de reductie van deze oorzaak 30 tot 60%. De grondroerdersregeling geeft alleen voldoende aandacht aan randvoorwaarden 1 en 3. Omdat de inschatting is dat de grondroerdersregeling op deze punten mogelijk niet effectief genoeg is, is in overeenstemming met de uitgangspunten beschreven in Paragraaf 4.1 uitgegaan van een reductie van 45%. Voor een grotere reductie is het waarschijnlijk noodzakelijk om nadere regels te stellen. De grondroerdersregeling biedt deze mogelijkheid (artikel 21, lid 3).

### **4.3.4 Slechte communicatie tussen aannemer en uitvoerder**

Ongeveer 7% van de incidenten wordt veroorzaakt door een slechte communicatie tussen opdrachtgever, aannemer en uitvoerder [17]. Voor het terugdringen van deze oorzaak worden de volgende randvoorwaarden gesteld:

1. De verplichting van de melding moet bij één instantie liggen. De grondroerdersregeling voorziet hierin door de meldingsplicht bij de grondroerder te leggen (artikel 8).

2. De opdrachtgever is verantwoordelijk en (mede)aansprakelijk voor het zorgvuldig uitvoeren van de graafwerkzaamheden. Uit het NEN-onderzoek blijkt dat in de huidige praktijk de grondroerder gedwongen kan worden om onzorgvuldig te werken [21]. De grondroerder is aansprakelijk voor de schade maar wordt onder druk gezet omdat de opdrachtgever of hoofdaannemer meer nadruk legt op snelheid dan op zorgvuldigheid. In artikel 2, lid 1 van de grondroedersregeling wordt de opdrachtgever verplicht om de werkzaamheden op zorgvuldige wijze te laten verrichten. Aan het niet nakomen van de verplichting zijn sancties verbonden (artikel 26, lid 1).

Omdat de oplossingsrichting bij de grondroerder of aannemer ligt, is de geschatte bandbreedte van de reductie 30 tot 60%. De grondroedersregeling geeft voldoende aandacht aan de gestelde randvoorwaarden en daarom is in overeenstemming met de uitgangspunten beschreven in paragraaf 4.1 een reductie van 60% geschat.

#### 4.3.5 Positie van leiding niet correct

Ongeveer 7% van de incidenten wordt veroorzaakt doordat de positie van de leiding niet correct is. Dit punt speelt waarschijnlijk een rol indien er meerdere leidingen dicht bij elkaar liggen [17]. Voor het terugdringen van deze oorzaak worden de volgende randvoorwaarden gesteld:

1. Bij het verstrekken van de gebiedsinformatie moet de informatie van alle betrokken leidingen zichtbaar worden. Dit is mogelijk door het elektronisch ter beschikking stellen van de informatie (artikel 11). De leidingbeheerder van de leiding met gevaarlijke stoffen kan bij het treffen van voorzorgsmaatregelen rekening houden met de specifieke situatie. Hoewel de grondroedersregeling in dit laatste nog niet voorziet kan dit indien nodig in nadere regelgeving worden vastgelegd (artikel 21 lid 3 en artikel 22).
2. Als bij graafwerkzaamheden wordt geconstateerd dat de liggingsgegevens zoals opgegeven door de leidingbeheerder, niet kloppen, dient dit te worden gemeld. Dit is vastgelegd in artikel 17.

De reductie als gevolg van de grondroedersregeling is geschat op 90%.

#### 4.3.6 Verkeerde interpretatie van de melding

Ongeveer 5% van de incidenten wordt veroorzaakt door een verkeerde interpretatie van de melding. Bij dit punt speelt de identificatie van de plaats van de werkzaamheden een rol. Door tikfouten, in bijvoorbeeld de postcode, wordt een foutieve locatie aangenomen [17]. Voor het terugdringen van deze oorzaak worden de volgende randvoorwaarden gesteld:

1. Er moeten meerdere controles op de locatie van de werkzaamheden uitgevoerd worden. Naast het adres en/of de postcode moeten ook bijvoorbeeld de x,y-coördinaten worden doorgegeven. De grondroedersregeling voorziet niet direct in dit punt, maar het is ook niet direct noodzakelijk dit bij wet te regelen. In de meldingprocedure kan het wel worden meegenomen.
2. De melder ontvangt de opgegeven locatie ook afgebeeld op een kaart. Hierin wordt voorzien door het elektronisch ter beschikking stellen van de informatie mogelijk te maken (artikel 11). In het Besluit informatie-uitwisseling ondergrondse netten staat dat de informatie op kaartmateriaal dient te worden aangeleverd (artikel 2, lid 1) [20].

Er is geschat dat leidingbeschadigingen als gevolg van deze oorzaak met 90% kunnen worden teruggebracht.

#### 4.3.7 Overig/niet duidelijk

In een eventueel nader onderzoek zal moeten worden onderzocht of de oorzaak ‘overig/niet duidelijk’ kan worden teruggebracht. Dit zou bijvoorbeeld kunnen als blijkt dat de bijdrage verdeeld kan worden over de overige oorzaken. De grondroedersregeling levert geen bijdrage aan de reductie van deze groep onbekende en overige oorzaken.



## 4.4 Schatting reductie door grondroerdersregeling

In Tabel 6 wordt de geschatte reductie per oorzaak samengevat. De cumulatieve reductie in de onderliggende oorzaken,  $R_{\text{oorzaak}}$ , is bepaald door eerst per oorzaak de in Tabel 4 genoemde relatieve bijdrage te vermenigvuldigen met de in Tabel 6 genoemde reductiefractie. De cumulatieve reductie van de onderliggende oorzaken is vervolgens bepaald door de in stap 1 berekende waarden te cumuleren. De gecumuleerde reductie is gelijk aan 0,49. Gebruikmakend van vergelijking (4) is vervolgens bepaald dat door de invoering van de grondroerdersregeling de kans op een leidingbeschadiging met ongeveer een factor 2,5 kan worden teruggebracht.

Tabel 6 Samenvatting van de geschatte reductie per oorzaak

Oorzaak	Reductie per oorzaak (%)
4.3.1 Niet vooraf melden start werkzaamheden	60
4.3.2 Afwijking van oorspronkelijke werk	30
4.3.3 Wel afspraak voor toezicht maar te vroeg begonnen	45
4.3.4 Slechte communicatie tussen aannemer en uitvoerder	60
4.3.5 Positie leiding niet correct	90
4.3.6 Verkeerde interpretatie melding	90
4.3.7 Overig/oorzaak niet duidelijk	0

Vanwege de onzekerheden in de schattingen is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij voor ieder van genoemde factoren 10% (absoluut) is gevarieerd. De reikwijdte van de reductie ligt dan in de ordegrootte van een factor 2 tot 3. Dit geeft aan dat de totale reductie van leidingbeschadigingen als gevolg van de grondroerdersregeling sterk gevoelig is voor de geschatte reductie per onderliggende oorzaak. De conclusie is dan ook dat de grondroerdersregeling de kans op het raken van een leiding met een factor 2 tot 3 kan reduceren. De beste schatting bedraagt 2,5. Gezien de onzekerheden in de schattingen en de gevoeligheid van de totale reductiefactor is een nadere precisering niet mogelijk. Op basis van incidentgegevens na invoering van de grondroerdersregeling, kan over enige jaren worden geëvalueerd of deze factor wordt gehaald of dat er aanvullende regelgeving nodig is. De grondroerdersregeling biedt voldoende ruimte om de regeling indien nodig aan te scherpen.

## 5 Risicoreducerende maatregelen voor External Interference

Bij knelpuntsituaties rond hoge druk aardgastransportleidingen kan een aantal maatregelen worden toegepast om het risico terug te brengen tot een aanvaardbaar niveau [22].

In dit hoofdstuk worden maatregelen besproken waarbij een schatting wordt gemaakt van hun effectiviteit. Aan de gegeven randvoorwaarden moet worden voldaan wil de bijbehorende reductiefactor kunnen worden ingeboekt. Of de geschatte reductiefactor in de praktijk daadwerkelijk wordt gehaald, zal door het monitoren van de maatregelen moeten worden bepaald.

Alle genoemde maatregelen grijpen in op de voornaamste faaloorzaak van aardgastransportleidingen: 'beschadiging door derden'. Omdat de bijdrage van corrosie ook in de faalfrequentie van een leidingbreuk wordt meegenomen, zal de reductiefactor voor de oorzaak 'beschadiging door derden' niet met eenzelfde factor doorwerken in de totale kans op een leidingbreuk. Voor Gasunieleidingen zal een maatregel voor de oorzaak 'beschadiging door derden' wel met eenzelfde factor doorwerken omdat door het nemen van aanvullende maatregelen op het punt van corrosie de bijdrage hiervan niet meer in de berekeningen hoeft te worden meegenomen, zie hoofdstuk 8.

Sommige maatregelen zullen afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Omdat de invloed van de grondroerdersregeling al in de basisfaalfrequentie is verwerkt [4], moet de effectiviteit van deze maatregelen nog worden gecorrigeerd voor de effectiviteit van de grondroerdersregeling.

Hieronder worden de verschillende maatregelen besproken.

### 5.1 Markering

Markeren is het bovengronds plaatsen van waarschuwingen die duidelijk maken dat er een leiding onder de grond ligt. Dit kan onder andere door het plaatsen van borden in de directe nabijheid van de leiding. Het is een relatief makkelijk toe te passen maatregel maar de effectiviteit ervan is moeilijk vast te stellen [23]. Voorgesteld wordt om markering alleen toe te passen in combinatie met andere maatregelen. De effectiviteit van markering is daarom al verwerkt in de betreffende maatregelen. Een randvoorwaarde voor het toepassen van markering is dat er een standaardwijze van markeren wordt ontwikkeld waarbij zaken zoals het aantal markeringen per leidingstuk en de gevoeligheid voor vandalisme worden meegenomen.

### 5.2 Wettelijke grondroerdersregeling en actieve rappel

Voor de effectiviteit van een wettelijke grondroerdersregeling is geschat dat deze een reductiefactor van 2,5 kan geven in het aantal leidingbreuken, zie hoofdstuk 4. De effectiviteit van de grondroerdersregeling is door het RIVM geschat op basis van een evaluatie van de Gasunie van hun afwikkeling van het KLIC-systeem en de onderliggende oorzaken bij een incident [17]. In Tabel 6 is

per oorzaak aangegeven in welke mate deze gereduceerd kan worden bij invoering van de grondroerdersregeling.

Samenhangend hiermee is geschat dat een actief rappelsysteem waarbij de leidingbeheerder na een melding de grondroerder regelmatig actief benaderd, een additionele factor van 1,2 kan opleveren [4]. Door het rappelsysteem zal de kans dat werkzaamheden niet worden gemeld verder reduceren. Geschat is dat de oorzaak 'Niet vooraf melden start werkzaamheden' inclusief de invloed van de grondroerdersregeling met 75% wordt gereduceerd waardoor de totale reductiefactor ongeveer een factor 3 is. De additionele reductiefactor ten opzichte van de grondroerdersregeling is dan 1,2 (= 3/2,5).

Recentelijk heeft de Gasunie aangegeven voor specifieke trajecten een nog striktere begeleiding van de werkzaamheden te willen toepassen. Deze maatregel wordt hieronder samen met andere maatregelen besproken.

## 5.3 Maatregelen afhankelijk van de grondroerdersregeling

Voor de schatting van de effectiviteit van de maatregelen, die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken, is gebruikgemaakt van dezelfde methodiek als voor de grondroerdersregeling, zie hoofdstuk 4. Per onderliggende oorzaak is bekeken waarom het ondanks een graafmelding toch nog fout kan gaan en hoe de maatregel de betreffende oorzaak kan reduceren. Omdat de maatregelen in samenhang met de grondroerdersregeling worden bekeken, is de minimale reductie per oorzaak gelijk aan die van de grondroerdersregeling. Omdat de onzekerheid in de geschatte reductie per oorzaak groot kan zijn, is voor de schatting van de reductie per onderliggende oorzaak gebruikgemaakt van de volgende discrete stappen: 30, 45, 60, 75, 90, 95 en 99%.

### 5.3.1 Strikte begeleiding van de werkzaamheden

Door een striktere begeleiding van de werkzaamheden door de leidingbeheerder kan een verdere reductie van het aantal graafincidenten worden gerealiseerd.

Randvoorwaarden zijn:

- Bij een melding neemt de leidingbeheerder 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 leidingbeheerder dagelijks de situatie ter plekke controleren.
- Indien er tussen de melding en de aanvang van de werkzaamheden meer dan een week zit, moet de leidingbeheerder 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 leidingbeheerder.
- Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.
- Het moet voor degene die bij de leidingbeheerder 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.

In Tabel 7 is per oorzaak aangegeven in welke mate deze oorzaak gereduceerd kan worden bij een strikte begeleiding van de werkzaamheden.

Tabel 7 Mate waarin strikte begeleiding van de werkzaamheden de vermelde oorzaken reduceert

	<b>Geschatte reductie (%)</b>
Percentage meldingen = 100%	
1) Niet vooraf melden start werkzaamheden	99
2) Afwijking van oorspronkelijk werk	95
3) Wel afspraak voor toezicht maar te vroeg begonnen	75
4) Slechte communicatie tussen aannemer en uitvoerder	95
5) Positie leiding niet correct	95
6) Verkeerde interpretatie melding	90
7) Overig/oorzaak niet duidelijk	0
<b>Reductiefactor kans op leidingbeschadiging</b>	<b>7,5</b>

Inclusief de grondroerdersregeling bedraagt de reductiefactor voor striktere begeleiding 7,5. Echter, omdat de hier genoemde reductiefactor inclusief de invloed van de grondroerdersregeling is, wordt de effectieve reductiefactor 3 (=  $7,5/2,5$ ). Indien ook nog een actief rappelsysteem wordt toegepast, is de effectieve reductiefactor 2,5 (=  $7,5/3$ ), zie paragraaf 5.2.

### 5.3.2 Cameratoezicht

Door cameratoezicht kunnen werkzaamheden bij een leiding snel worden gedetecteerd en kan er adequaat worden ingegrepen.

Randvoorwaarden bij deze maatregel zijn:

- 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.

Als niet aan bovenstaande randvoorwaarden wordt voldaan, kan er geen reductiefactor worden toegekend. Ook zal er een terugkoppeling moeten zijn van gemelde werkzaamheden richting de toezichthouder, zodat er geen valse alarmen ontstaan. Waarschijnlijk kan alleen in specifieke situaties aan de bovenstaande randvoorwaarden worden voldaan. Het cameratoezicht zal dan de oorzaken 1, 2, 3, 4 en 6 beïnvloeden.

In principe zouden de genoemde oorzaken niet meer voor kunnen komen. Omdat:

- uitval van het systeem niet is uit te sluiten,
  - extreme weersomstandigheden of andere oorzaken er voor kunnen zorgen dat de werkzaamheden toch niet worden opgemerkt,
  - het ingrijpen in de werkzaamheden mogelijk niet op tijd lukt,
- is geschat dat de totale reductie per oorzaak 90% is (zie Tabel 8).

Tabel 8 Mate waarin cameratoezicht de vermelde oorzaken reduceert

	<b>Geschatte reductie (%)</b>
Percentage meldingen = 100%	
1) Niet vooraf melden start werkzaamheden	90 <sup>3</sup>
2) Afwijking van oorspronkelijk werk	90
3) Wel afspraak voor toezicht maar te vroeg begonnen	90
4) Slechte communicatie tussen aannemer en uitvoerder	90
5) Positieleiding niet correct	90
6) Verkeerde interpretatie melding	90
7) Overig/oorzaak niet duidelijk	0
<b>Reductiefactor kans op leidingbeschadiging</b>	<b>6,5</b>

Inclusief de grondroerdersregeling is de reductiefactor als gevolg van het toepassen van cameratoezicht 6,5. Daarom wordt de effectieve reductiefactor voor cameratoezicht 2,6 (= 6,5/2,5). Bij toepassing van een actief rappelsysteem is geschat dat de oorzaak 'niet vooraf melden start werkzaamheden' met 95% wordt gereduceerd. Inclusief de grondroerdersregeling bedraagt de reductiefactor dan 7. De effectieve reductiefactor van cameratoezicht wordt dan 2,4 (= 7/3).

### 5.3.3 Frequentere inspecties

Door inspecties kunnen werkzaamheden of de voorbereiding daarvan worden gedetecteerd. De Gasunie voert nu eens per twee weken een helikopterinspectie uit en de invloed hiervan is meegenomen in de basisfaalfrequentie. Frequentere inspecties zullen een betere detectie van (geplande) werkzaamheden geven. Een additionele reductiefactor kan echter niet worden toegekend. De reden hiervoor is dat in de effectiviteit van de grondroerdersregeling al is aangenomen dat alle werkzaamheden worden aangemeld (het meldingspercentage is 100%). Frequentere inspecties kunnen worden gezien als een waardevolle maatregel om de gestelde factor voor de grondroerdersregeling ook in de praktijk te halen.

## 5.4 Maatregelen onafhankelijk van de grondroerdersregeling

### 5.4.1 Vergroten van dekking

De reductiefactor van deze maatregel is bekend [8][16], zie hoofdstuk 2. Een meter extra dekking geeft ongeveer een factor 10 reductie voor de kans op raken van de leiding.

Randvoorwaarde bij deze maatregel 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.

<sup>3</sup> Indien een actief rappelsysteem wordt toegepast, bedraagt de geschatte reductie 95%.

In Tabel 9 wordt een overzicht gegeven van de reductiefactor per 10 centimeter extra gronddekking.

Tabel 9 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

Omdat bij nog te realiseren woonbebouwing vaak de grond standaard wordt opgehoogd, zal deze maatregel in die situatie relatief eenvoudig kunnen worden toegepast.

#### 5.4.2 Afdekken met beschermend materiaal

De reductiefactor van de maatregel is bekend voor betonplaten in combinatie met waarschuwinglinten [9][23]. In de praktijk kunnen verschillende varianten worden toegepast (onder andere betonmatten).

De randvoorwaarden bij deze maatregel zijn:

- 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 reductiefactor voor betonplaten [9]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid<sup>4</sup>.
- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt zal hierover met de andere leidingbeheerders moeten worden overlegd.
- Deze maatregel kan alleen worden toegepast wanneer de leidingbeheerder toestemming geeft voor het nemen van deze maatregel. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

In Tabel 10 wordt een overzicht gegeven van de reductiefactoren voor verschillende maatregelen.

<sup>4</sup> Indien in alle experimenten de maatregel effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de maatregel 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.

Tabel 10 Effectiviteit beschermend materiaal

Maatregel	Reductiefactor
Waarschuwing lint	1,67
Betonplaat	5
Betonplaat + waarschuwing lint	30

Een waarschuwing lint kan ook worden vervangen door een duidelijk opschrift te plaatsen op het beschermende materiaal. Hierbij moet worden geborgd dat het opschrift niet in de loop van de tijd kan verwerpen en dus altijd bij het blootleggen van het beschermende materiaal duidelijk zichtbaar is.

### 5.4.3 Vermijden van andere kabels en leidingen

Door het vermijden van andere kabels en leidingen zal er minder noodzaak zijn om in de buurt van een aardgastransportleiding te graven in verband met onderhoud en reparaties. Ook het aanboren van een verkeerde leiding zal hiermee worden voorkomen. Er zijn geen gegevens om in te schatten wat het effect op het risico is wanneer er geen andere leidingen of kabels in de buurt van de aardgasleiding liggen. In de vaststelling van de basisfaalfrequentie is de invloed van naast elkaar liggende leidingen al meegenomen. Daarom is er geen reductiefactor voor deze maatregel. In speciale gevallen wordt er juist voor gekozen om leidingen met gevaarlijke stoffen in de nabijheid van andere leidingen te leggen. De naburige leidingen schermen de leiding met gevaarlijke stoffen dan af.

### 5.4.4 Beheermaatregelen

Onder beheermaatregelen wordt verstaan dat beperkingen aan graafwerkzaamheden worden gesteld of dat deze worden uitgesloten door middel van een beheerovereenkomst. Er zijn verschillende varianten van deze maatregel. Algemeen wordt gesteld dat de duur van een overeenkomst minimaal een jaar moet bedragen. Indien een beheerovereenkomst door één van de betrokken partijen wordt opgezegd, zal een gewijzigde situatie ontstaan en moet er gezocht worden naar alternatieve maatregelen met vergelijkbare effectiviteit. Hiermee wordt voorkomen dat door het opzeggen van een overeenkomst de plaatsgebonden risicocontour van  $10^{-6}$  per jaar groter wordt. Indien dit niet door de leidingbeheerder is geborgd in procedures, kan geen reductiefactor worden toegepast.

1. *Overeenkomst waarbij de eigenaar van de grond afziet van het gebruik van de grond met vergaande beperkingen*

De grond wordt uit gebruik genomen door het pachten van de grond of door een strikte beheerovereenkomst die alle gebruik van de grond uitsluit. Verdere randvoorwaarden zijn:

- 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 helikopterinspecties 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.

Door deze maatregel kan vrijwel worden uitgesloten dat er op het betreffende stuk grond wordt gegraven. Aangenomen wordt dat de overeenkomst in 1% van de gevallen niet wordt nageleefd. De resulterende reductiefactor is dan een factor 100.

Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst waarbij grondroerende activiteiten zijn uitgesloten.

2. *Overeenkomst waarbij grondroerende activiteiten worden uitgesloten*

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. In de praktijk zal dat betekenen dat een grondeigenaar schadeloos gesteld moet worden voor de beperking van het grondgebruik. Verdere randvoorwaarden zijn:

- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de helikopterinspecties 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.

Deze overeenkomst is minder effectief dan de overeenkomst met vergaande beperkingen. De Gasunie heeft momenteel 60 van dergelijke overeenkomsten en in totaal 100 ervaringsjaren waarbij nog geen incidenten zijn opgetreden [24]. Er is aangenomen dat de overeenkomst in 10% van de situaties niet wordt nageleefd. De resulterende reductiefactor is dan een factor 10.

Indien een overeenkomst niet aan alle van randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst met beperkte restricties.

3. *Overeenkomst met 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. Verdere randvoorwaarden zijn:

- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de helikopterinspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

Omdat niet alle graafwerkzaamheden zijn uitgesloten, is deze overeenkomst minder effectief dan de andere varianten van de beheerovereenkomst. Voor de reductiefactor is aangenomen dat de maatregel even effectief is als het verhogen van de dekking met 20 cm. De reductiefactor is dan een factor 1,6 (Tabel 9).

## 5.4.5 Vergunningafspraken

Voor werkzaamheden in de openbare grond nabij een leiding, zoals het aanbrengen van lantaarnpalen, speeltoestellen, putten en ondergrondse containers, kunnen vergunningafspraken gemaakt worden. Op deze manier kunnen zowel activiteiten voor onbepaalde tijd als activiteiten met een tijdelijk karakter (bijvoorbeeld reclameborden) binnen de belemmerde strook worden uitgesloten omdat ze niet toegestaan zijn. Er zijn geen gegevens beschikbaar die de effectiviteit van deze maatregel kunnen onderbouwen.



Onzekere factoren bij deze maatregel zijn:

- Niet iedereen zal een vergunning aanvragen voor een activiteit. Dit kan zowel bewust als onbewust gebeuren. Als er geen vergunning wordt aangevraagd, is de maatregel niet effectief.
- De gemeente moet de controle en handhaving van genomen besluiten borgen. Dit is vooral van belang bij tijdelijke activiteiten.

Voorgesteld wordt om daarom de effectiviteit van deze maatregel per locatie te bekijken.

#### 5.4.6 Fysieke barrières

Fysieke barrières dienen ertoe dat bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd. Hieronder worden enkele mogelijkheden en hun doorwerking in de kans op een leidingbreuk besproken. Deze maatregel moet altijd in combinatie met markering worden toegepast. De barrières mogen de bereikbaarheid van de leiding niet belemmeren.

##### Hekwerk

Als een hek een fysieke belemmering vormt voor de voortzetting van werkzaamheden kan de invloed van 'beschadiging door derden' worden uitgesloten. De maatregel moet in combinatie met markering plaatsvinden. Het moet voor de graver duidelijk zijn dat hij zijn werkzaamheden niet verder mag uitvoeren. In de faalfrequentie wordt dan alleen nog de invloed van corrosie meegenomen. Deze benadering wordt ook gebruikt voor de leidingscenario's voor de Gasunie-inrichtingen. De overall reductiefactor is afhankelijk van de diepteligging en wanddikte van een leiding, maar in de meeste gevallen zal het plaatsen van een hekwerk betekenen dat het knelpunt is opgelost. 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.

##### Dijklichaam boven de leiding

Door het maken van een dijklichaam boven de leiding in combinatie met markering moet het duidelijk zijn dat graafwerkzaamheden in de ophoging alleen met toestemming van de leidingbeheerder mogen worden uitgevoerd.

De randvoorwaarden zijn:

- 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. Hierdoor moet de graver nogmaals opmerkelijk gemaakt worden op de leiding.
- De ophoging moet aaneengesloten zijn over het betreffende leidingstuk waarvoor de maatregel 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 QRA 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 maatregel moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.

Deze maatregel is minder effectief dan een hekwerk, maar de inschatting is dat de maatregel even effectief is als de beheermaatregelen waarbij graafwerkzaamheden worden uitgesloten. Op basis hiervan is een reductiefactor 10 geschat.

### Barrières op grondniveau

Barrières op grondniveau zijn gericht op het onderbreken van de graafwerkzaamheden voordat de leiding wordt bereikt. Deze barrières worden evenwijdig aan de leiding aangebracht. Hierbij kan gedacht worden aan damwanden die aan weerszijden van de leiding worden aangebracht of een rij van betonnen paaltjes langs de leiding. Randvoorwaarden zijn:

- De afstand tussen de barrière en de leiding moet beperkt zijn tot één à twee meter van de leiding.
- De maatregel moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- Losstaande paaltjes mogen maximaal 20 cm van elkaar geplaatst worden .

Deze maatregel is minder effectief dan een hekwerk of dijklichaam, maar effectiever dan bijvoorbeeld cameratoezicht. Op basis hiervan is een reductiefactor 8 geschat.

## 5.5 Toepassing van meerdere maatregelen

Bij het toepassen van meerdere maatregelen kan de totale reductiefactor meestal niet eenvoudig worden bepaald. Dit komt doordat veel maatregelen ingrijpen op dezelfde onderliggende faaloorzaken. Ook de combinatie met de grondroerdersregeling moet worden bekeken.

In Tabel 11 is een overzicht gegeven van de effectiviteit van de afzonderlijke maatregelen die in de doorwerking op de totale reductiefactor onafhankelijk zijn van andere maatregelen. In Tabel 12 en Tabel 13 zijn de maatregelen gegeven die in de doorwerking op de totale reductiefactor afhankelijk zijn van de effectiviteit van de grondroerdersregeling. In Tabel 12 is de effectieve reductiefactor gegeven als er ook een actief rappelsysteem is toegepast. In Tabel 13 wordt de effectieve reductiefactor gegeven als er geen actief rappelsysteem is toegepast.

Tabel 11 Reductiefactor voor maatregelen die onafhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken

<b>Maatregel</b>	<b>Reductiefactor</b>
1) vergroten van de dekking	waarde uit Tabel 9
2) afdekken met beschermend materiaal:	
- waarschuwing lint	1,67
- betonplaat	5
- betonplaat + waarschuwing lint	30
3) fysieke barrières:	
- hekwerk	beschadiging door derden uitgesloten
- dijklichaam boven leiding	10
- barrières op grondniveau	8
4) beheerovereenkomsten:	
- overeenkomst waarbij grond uit gebruik wordt genomen met vergaande beperkingen	100
- overeenkomst waarbij grondroerende activiteiten worden uitgesloten	10
- overeenkomst met beperkte restricties	1,6

Tabel 12 Reductiefactor voor maatregelen die afhankelijk van de grondroedersregeling doorwerken, bij toepassing van een actief rappelsysteem

<b>Maatregel</b>	<b>Reductiefactor</b>
1) cameratoezicht	2,4
2) striktere begeleiding van werkzaamheden	2,5

Tabel 13 Reductiefactor voor maatregelen die afhankelijk van de grondroedersregeling doorwerken, zonder toepassing van een actief rappelsysteem

<b>Maatregel</b>	<b>Reductiefactor</b>
1) cameratoezicht	2,6
2) striktere begeleiding van werkzaamheden	3

De totale reductiefactor bij het toepassen van meerdere maatregelen wordt als volgt bepaald:

- Bij het toepassen van alleen één of meerdere maatregelen uit Tabel 11, wordt de totale reductiefactor verkregen door het vermenigvuldigen van de afzonderlijke reductiefactoren per maatregel.
- Bij het toepassen van een maatregel uit Tabel 11 in combinatie met een maatregel uit Tabel 12 of Tabel 13 wordt de totale reductiefactor verkregen door het vermenigvuldigen van de afzonderlijke reductiefactoren.
- Bij het toepassen van meerdere maatregelen uit Tabel 12 of Tabel 13 wordt per onderliggende oorzaak de hoogste reductiefactor genomen. Dit is in Tabel 14 voor de gecombineerde maatregel 'strikte begeleiding' en 'cameratoezicht' op basis van Tabel 7 en Tabel 8 uitgewerkt. De effectieve reductiefactor van strikte begeleiding en cameratoezicht wordt dan  $3,4 (= 8,5/2,5)$ . Inclusief de toepassing van een rappelsysteem wordt de reductiefactor  $2,8 (= 8,5/3)$ .

Tabel 14 Reductiefactor voor de gecombineerde maatregel 'strikte begeleiding' en 'cameratoezicht'

	<b>Geschatte reductie (%)</b>
Percentage meldingen = 100%	
1) Niet vooraf melden start werkzaamheden	99
2) Afwijking van oorspronkelijk werk	95
3) Wel afspraak voor toezicht maar te vroeg begonnen	90
4) Slechte communicatie tussen aannemer en uitvoerder	95
5) Positieleiding niet correct	95
6) Verkeerde interpretatie melding	90
7) Overig/oorzaak niet duidelijk	0
<b>Reductiefactor kans op leidingbeschadiging</b>	<b>8,5</b>

## 6 Consequentieonderzoek voor de gerealiseerde situatie

Het ministerie van VROM heeft aan het RIVM gevraagd de consequenties van de nieuwe zoningafstanden voor de hoge druk aardgasleidingen op landelijk niveau te onderzoeken. De consequenties zijn voor zowel de gerealiseerde als de geprojecteerde en nieuwe situaties (tot 2030) onderzocht [25]. Dit onderzoek is in samenwerking met de Gasunie uitgevoerd. De Gasunie heeft de consequenties voor de gerealiseerde bebouwing onderzocht. In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste conclusies opgenomen.

Voor de gerealiseerde bebouwing is door de Gasunie berekend dat voor 30 kilometer leiding de PR-grenswaarde van  $10^{-6}$  per jaar wordt overschreden bij de introductie van de nieuwe afstanden [26]. Het gaat om in totaal 102 leidingpunten, zie ook Paragraaf 6.1. De gemiddelde reductiefactor voor het oplossen van de ontstane knelpuntsituaties in het HTL-net bedraagt 2,2; de maximale benodigde reductiefactor bedraagt 7,4. De gemiddelde reductiefactor voor het oplossen van de ontstane knelpuntsituaties in het RTL-net bedraagt 1,6; de maximaal benodigde reductiefactor bedraagt 2,5. Daarnaast is geschat dat voor ongeveer 75 kilometer leiding de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico mogelijk wordt overschreden. Of daadwerkelijk de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt overschreden, zal een meer locatiespecifiek onderzoek moeten uitwijzen. Voor een deel zullen deze GR-aandachtspunten overlappen met de PR-knelpunten maar dit is niet nader onderzocht.

De consequenties zijn geschat op basis van de beschikbare informatie over de leiding en de populatie rond de leidingen. De belangrijkste uitgangspunten en randvoorwaarden voor de berekeningen waren:

- De risicoberekeningen zijn uitgevoerd volgens de uitgangspunten zoals vastgelegd in RIVM-brief ‘Risicomethodiek aardgastransportleidingen’ (kenmerk 390/06 CEV Lah/pbz-1191, november 2006) (zie Bijlage 1). Het geschatte effect van de grondroerdersregeling is hiermee al meegenomen in dit consequentieonderzoek.
- Voor leidingen van voor 1974 is nog een aanvullende analyse naar de te hanteren faalfrequentie uitgevoerd. Deze wordt in meer detail beschreven in [6][26].
- De gehanteerde leidingdata betreffen het huidige Gasunie-net. Voor 95% van dit net kan een complete risicoberekening worden uitgevoerd. De overige 5% is in dit onderzoek niet beschouwd vanwege het ontbreken van de benodigde leidingdata.
- De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van het oneindig lange leiding principe. Voor de analyse van de gerealiseerde bebouwing zijn de hier uit voortgekomen potentiële knelpuntsituaties in meer detail bekeken door variërende locatiespecifieke leidingdata mee te nemen. Dit wordt ook wel uit integreren genoemd. Voor de analyse op basis van de Nieuwe Kaart van Nederland (hoofdstuk 7) is deze nadere analyse niet uitgevoerd.
- In de groepsrisicoanalyse zijn zowel bewoners als werknemers (peiljaar 2005) meegenomen. Bij overschrijding van de oriëntatiewaarde kan dit zijn veroorzaakt doordat aanwezigen van grote inrichtingen op één punt worden geconcentreerd. Deze punten zijn daarom in een nadere analyse in meer detail bekeken (paragraaf 6.2).
- In de analyse op basis van de gerealiseerde bebouwing is voor de beschreven resultaten uitgegaan van de meest strikte definitie van het begrip incidentele bebouwing. In paragraaf 6.1 wordt een nadere analyse voor deze punten beschreven.

## 6.1 Aanvullend onderzoek PR-knelpunten

In het door de Gasunie uitgevoerde consequentieonderzoek zijn voor het begrip ‘incidentele bebouwing’ twee definities gehanteerd. In de eerste definitie wordt een praktische benadering gevolgd waarbij het criterium van twee of minder woningen binnen de PR-contour van  $10^{-6}$  per jaar (oneindig lange leidingprincipe) wordt gebaseerd op een fictief vast grid van 100 x 100 meter. Dit leidt tot 84 knelpunten. In de tweede definitie wordt bekeken of er op basis van elk mogelijk te definiëren vierkant van  $100 \times 100$  meter twee of minder woningen aanwezig zijn. Deze laatste conservatieve definitie laat 27 extra knelpunten zien ten opzichte van de geconstateerde knelpunten op basis van de eerste definitie. Voor de gevonden knelpunten op basis van de eerste definitie is vervolgens bekeken of ook na uitintegratie er nog steeds sprake is van een knelpunt. Voor de geconstateerde knelpunten op basis van de tweede definitie is dit nog niet gebeurd. Het ministerie van VROM heeft het Centrum Externe Veiligheid (CEV) van het RIVM gevraagd om te onderzoeken of de 27 situaties die als twijfelgeval uit het consequentieonderzoek voor aardgastransportleidingen naar voren zijn gekomen, ook na uitintegratie als knelpuntsituatie aangemerkt kunnen worden. Het betreft hier de situaties die op basis van de meest strikte invulling van het begrip incidentele bebouwing als potentieel knelpunt naar voren zijn gekomen. Voor de beantwoording van deze vraag zijn de twijfelgevallen samen met de Gasunie geanalyseerd. Hierbij is nagegaan wat het plaatsgebonden risiconiveau na uitintegratie is ter plaatse van de aanwezige woonbebouwing.

De conclusie is dat 18 situaties ook na uitintegratie als knelpunt aangemerkt kunnen worden. Het betreft hierbij ongeveer 3 kilometer leiding. Bij 9 situaties blijkt dat er na uitintegratie geen sprake meer is van een knelpuntsituatie. De gezamenlijke leidinglengte van deze 9 situaties bedraagt ongeveer 800 meter [27]. Het aantal PR-knelpunten is nu gelijk aan 102 (= 84+18).

## 6.2 Aanvullend onderzoek GR-aandachtspunten

In het consequentieonderzoek van de Gasunie [26] zijn voor de gerealiseerde bebouwing 123 GR-aandachtspunten geïdentificeerd. Gezien de beperkingen van het gehanteerde populatiebestand heeft het ministerie van VROM gevraagd om de 16 aandachtspunten, waarbij de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico met meer dan een factor 10 wordt overschreden, nader te bekijken en te onderzoeken of het mogelijk geen artefacten zijn.

De drie aandachtspunten met een overschrijding van de oriëntatiewaarde met meer dan een factor 10 blijken alle drie een artefact zijn. De grote overschrijding wordt veroorzaakt doordat vooral bedrijven met een relatief groot oppervlak alle werknemers op één punt, bijvoorbeeld de receptie, zijn geconcentreerd. Als dit ene punt binnen de 100%-letaliteit contour ligt worden alle aanwezigen als slachtoffer aangemerkt. Voor deze drie aandachtspunten bevinden zich bedrijven met 496, 1550 en 4192 personen binnen de 100% letaliteitcontour. In de praktijk zal het aantal aanwezigen meer verspreid zijn over het gehele oppervlak van het bedrijf. Daardoor zal ook het aantal slachtoffers bij een leidingincident kleiner zijn omdat niet iedereen zich binnen de 100%-letaliteitcontour bevindt. Voor de drie punten is geschat dat in de praktijk 1-20% van de mensen binnen de 100%-letaliteitcontour aanwezig zal zijn waardoor de FN-curve een stuk genuanceerder zal zijn. Mogelijk dat deze drie punten nog steeds een overschrijding van de oriëntatiewaarde laten zien maar dit is niet nader bepaald.

Van de dertien aandachtspunten met een maximale overschrijding tussen een factor 10 en 100 is globaal geschat dat er vier wel een artefact zijn en negen niet. Het aantal GR-aandachtspunten is nu gelijk aan 116 (=123 – 7).



## 7 Consequentieonderzoek geprojecteerde bebouwing en nieuwe situaties

Naast het consequentieonderzoek voor de al gerealiseerde bebouwing is ook onderzocht wat de consequenties voor de geprojecteerde bebouwing en nieuwe situaties zijn [25]. Voor nieuwbouwplannen is onderzocht hoeveel kaarten van de Gasunie<sup>5</sup> (hierna de kaarten) een potentieel knelpunt vormen. De voor dit onderzoek gebruikte basisgegevens zijn:

- de leidinggegevens van de Gasunie;
- de Nieuwe Kaart van Nederland, versie mei 2007 [28]. Hierin zijn nieuwbouwplannen tot 2030 opgenomen.

### 7.1 Verwerking aangeleverde gegevens Gasunie

Van de Gasunie zijn bestanden ontvangen waarin voor 19143 kaarten de ligging van de leidingen en de afstand tot de PR  $10^{-6}$  contour is gegeven [29]. De gemiddelde lengte van een leidingstuk op een kaart is 600 meter. De uitgangspunten voor de berekening van het PR worden weergegeven in het rapport van de Gasunie [26]. De gegevens zijn door het RIVM bewerkt en ingevoerd in een Geografisch Informatie Systeem (GIS).

Bij de controles is gebleken dat op verschillende leidingtrajecten er stukken zijn waarvoor gegevens ontbreken. In sommige gevallen betreft het grote afstanden tussen opeenvolgende punten op één kaart, in andere gevallen betreft het (volledige) kaarten waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn. De Gasunie geeft in zijn rapport aan dat voor 95% van zijn leidingbestand de berekeningen zijn uitgevoerd. De overige 5% is in de analyse van de Gasunie en ook in deze analyse niet verder beschouwd vanwege het ontbreken van de benodigde leidingdata.

De afstand tot de PR  $10^{-6}$  contour is gemiddeld 13 meter (waarbij de minimale waarde van vijf meter is meegenomen) en maximaal 390 meter.

### 7.2 Selectie van gegevens uit de Nieuwe Kaart van Nederland

Voor het in kaart brengen van de nieuwbouwplannen is gebruikgemaakt van de Nieuwe Kaart van Nederland (versie mei 2007). In de Nieuwe Kaart van Nederland worden de ruimtelijke ordeningsplannen van gemeenten, provincie en het Rijk weergegeven. Deze plannen zijn ingedeeld in verschillende bestemmingen. Bij het gebruik van de Nieuwe Kaart van Nederland is een selectie toegepast op de vermelde bestemming. Deze selectie is weergegeven in Tabel 15. Een onderscheid tussen kwetsbare en beperkt kwetsbare geprojecteerde objecten is moeilijk te maken omdat de meeste

---

<sup>5</sup> Per kaart wordt ongeveer 600 meter leiding afgebeeld.



bestemmingen die worden beschouwd, zowel kwetsbare als beperkt kwetsbare objecten kunnen omvatten, afhankelijk van de grootte of specifieke invulling van het plan.<sup>6</sup>

Tabel 15 Overzicht van de wel en niet beschouwde bestemmingen

<b>WEL beschouwd</b>	<b>NIET beschouwd</b>
Bedrijventerrein	Agrarisch
Detailhandel	Glastuinbouw
gemengd: landelijk	Groen
gemengd: stedelijk	Natuur
Kantoor	Recreatie
Nutsvoorziening	Verkeer: spoor
Sport	Verkeer: weg
Verblijfsrecreatie	Water
Voorziening	Waterberging
Wonen	

De wel beschouwde bestemmingen zijn verder onderscheiden naar:

1. De status van plannen (hard/zacht/onbekend). De status 'hard' is in de Nieuwe Kaart toegekend aan de volgende juridische statussen uit WRO (Wet ruimtelijke ordening): 1) aanwijzing, 2) goedgekeurd, 3) koninklijk besluit, 4) uitspraak afdeling bestuursrechtspraak, 5) uitspraak afdeling bestuursrechtspraak: alsnog goedgekeurd, 6) vastgesteld, 7) vigerend en 8) voorlopige voorziening. Dit wordt in dit onderzoek beschouwd als geprojecteerde bebouwing. Bij de statussen Awb bezwaar, beroep afdeling bestuursrechtspraak, concept, goedkeuring onthouden, kroonberoep, kroonberoep in werking, ontwerp, uitspraak afdeling bestuursrechtspraak: alsnog goedkeuring onthouden, voorontwerp, is er vanuit de Nieuwe kaart de status 'zacht' toegekend. Dit wordt in dit onderzoek beschouwd als een nieuwe situatie. Wanneer er geen gegevens over de status bekend zijn, is deze 'onbekend'.
2. Het type plan (nieuwbouwvlakken en herstructureringsgebieden/ zoekgebieden). Bij een zoekgebied is er sprake van een groot gebied waarbinnen een betreffende functie kan/moet worden gerealiseerd. De specifieke locatie staat nog niet vast.

### 7.3 Selectie van Gasuniegegevens

Uit de kaarten van de Gasunie zijn die punten geselecteerd waarvoor de PR  $10^{-6}$  contour binnen een beschouwde bestemming van de Nieuwe Kaart valt. Dit worden hierna potentiële knelpunten genoemd. De resultaten zijn zoals hierboven beschreven uitgesplitst naar de bestemming van het plan, de status van het plan en het type plan. De geselecteerde kaarten zijn vervolgens verder onderscheiden naar:

- a) kaarten waarbij de plaatsgebonden risicocontour van  $10^{-6}$  per jaar (gedeeltelijk) buiten de belemmerde strook van 5 meter van de leiding valt en waar de contour overlapt met nieuwbouwplannen;
- b) kaarten waarbij de plaatsgebonden risicocontour van  $10^{-6}$  per jaar geheel binnen de belemmerde strook van 5 meter van de leiding valt en waar de contour overlapt met nieuwbouwplannen.

<sup>6</sup> Voor een kantoor is het onderscheid kwetsbaar / beperkt kwetsbaar bijvoorbeeld afhankelijk van het bruto vloeroppervlak van de betreffende gebouwen. Het bruto vloeroppervlak wordt echter niet vermeld in de nieuwbouwplannen.

Het deel van de kaarten onder a) is het deel van de kaarten waarbij er buiten de belemmerde strook nog een extra ruimtebeslag ligt vanwege de externe veiligheid.

## 7.4 Resultaten

In Tabel 16 is per bestemming weergegeven hoeveel kaarten een potentieel knelpunt vormen. Het betreft de kaarten waarbij de plaatsgebonden risicocontour niet groter is dan de belemmerde strook (5 meter). In Tabel 17 is dezelfde informatie weergegeven voor de kaarten waarbij de plaatsgebonden risicocontour wel (deels) groter is dan de belemmerde strook. Uit deze tabel blijkt dat er 197 kaarten zijn die een potentieel knelpunt vormen voor nieuwbouwvlakken en herstructureringsgebieden met een harde status. Aanvullend zijn er nog 140 kaarten die een potentieel knelpunt vormen voor zoekgebieden met een harde status. Plannen met een harde status kunnen worden beschouwd als gerealiseerde situaties.

Om een schatting te maken van het aantal kilometers potentiële knelpunten kunnen twee methoden worden toegepast. Hierbij zijn alleen die situaties beschouwd waarbij de plaatsgebonden risicocontour van  $10^{-6}$  per jaar groter is dan 5 meter (Tabel 17). Methode 1 gaat er van uit dat bij overlap van de  $10^{-6}$ -contour met een nieuwbouwplan de gehele leidinglengte van een kaart een knelpunt vormt. Omdat de gemiddelde leidinglengte per kaart ongeveer 600 meter is, is de knelpuntlengte dan gelijk aan het aantal betrokken kaarten  $\times$  0,6 kilometer. Methode 2 gaat uit van het aantal datapunten (x,y-coördinaten) dat overlapt met een nieuwbouwplan. Omdat de gemiddelde afstand tussen twee datapunten 5 meter bedraagt, is de knelpuntlengte dan gelijk aan het aantal datapunten van een leiding dat overlapt met een nieuwbouwplan  $\times$  5 meter.

### 7.4.1 Geprojecteerde bebouwing

Op basis van methode 1 levert dit, voor de nieuwbouwvlakken en herstructureringsgebieden met een harde status respectievelijk de zoekgebieden met een harde status, circa 120 kilometer en 80 kilometer aan knelpunten op. Wordt de tweede methode gevolgd, dan levert het circa 110 kilometer en 50 kilometer op aan potentiële knelpunten. Voor de twee typen harde plannen (nieuwbouwvlakken en herstructureringsgebieden en zoekgebieden) gaat het in totaal dus om 160 tot 200 kilometer leiding die een potentieel knelpunt vormen. Hiervan is ongeveer 40 procent afkomstig van plannen met een (gedeeltelijke) woonfunctie. Als alleen de situaties worden beschouwd met als functie (gedeeltelijke) woonbebouwing, zal de knelpuntlengte gelijk zijn aan het aantal knelpunt kilometers voor alle functies  $\times$  0,4. Voor de nieuwbouwplannen met een harde status en met als functie (gedeeltelijke) woonbebouwing kan dus voor 65 tot 80 kilometer leiding mogelijk een knelpuntsituatie ontstaan. In een aanvullende studie is getracht meer duidelijkheid te krijgen wat de mogelijkheden zijn om nieuwbouwplannen dusdanig aan te passen dat er geen knelpuntsituaties ontstaan [30].

### 7.4.2 Nieuwe situaties en onbekende status van een plan

Op basis van methode 1 wordt geschat dat het potentiële aantal knelpuntkilometers voor nieuwe situaties (zachte plannen) ongeveer 50 kilometer bedraagt<sup>7</sup>. Voor ongeveer 25 km leiding waarvan de PR-contour van  $10^{-6}$  per jaar overlapt met een plan is de status van het plan onbekend<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Op basis van zachte plannen met als functie (gedeeltelijke) bewoning ( $=0,4 \times 0,6 \times (183 + 25)$ ). Indien rekening wordt gehouden met alle mogelijk kwetsbare bestemmingen zal er 125 km leiding betrokken zijn.

Omdat de Gasunie de gegevens heeft aangeleverd per punt (met cirkelvormige PR-contouren rond deze punten tot gevolg) kan geen goede inschatting gemaakt worden van oppervlakten van betrokken gebieden.

### 7.4.3 Kanttekeningen

In Tabel 18 wordt nog weergegeven hoeveel ruimtelijke plannen uit de Nieuwe Kaart van Nederland binnen PR  $10^6$  contouren vallen (inclusief belemmerde strook). Wat opvalt, is dat het aantal betreffende plannen veel kleiner is dan het aantal kaarten. Kennelijk komt de situatie dat één plan overlapt met contouren van meerdere kaarten vaker voor dan de situatie dat de contour van één kaart overlapt met meerdere plannen.

Bij de weergave van de resultaten wordt nog de volgende kanttekening geplaatst: de door de Gasunie aangeleverde gegevens betreffen ruwe data. De contouren voor het plaatsgebonden risico zijn niet uitgeïntegreerd over de variërende parameters van de leiding en de gronddekking. Deze ruwe data leveren in een aantal gevallen grotere PR-afstanden op dan de meer realistische benadering waarbij wel uitgeïntegreerd wordt over de genoemde parameters. De weergegeven aantallen knelpunten (uitgedrukt in aantal kaarten, aantal plannen of aantal kilometers leiding) kunnen daarom worden beschouwd als een bovengrens.

Tabel 16 Aantal Gasunie-kaarten waarbij de contour overlapt met beschouwde plannen van de Nieuwe Kaart van Nederland (afstand tot PR  $10^6$  per jaar kleiner dan of gelijk aan 5 meter)

Bestemming	Nieuwbouwvlakken en herstructureringsgebieden			Zoekgebieden		
	Hard	Zacht	Onbekend	Hard	Zacht	Onbekend
Bedrijventerrein	186	153	94	50	41	7
Detailhandel	1	9	3	0	0	0
gemengd_landelijk	23	39	0	27	11	0
gemengd_stedelijk	43	17	9	75	10	11
Kantoor	8	24	11	0	0	0
Nutsvoorziening	19	4	0	57	0	0
Sport	13	8	3	0	3	0
Verblijfsrecreatie	1	6	0	5	0	0
Voorziening	12	3	3	2	0	2
Wonen	165	159	125	78	18	6
<b>Totaal</b>	<b>471</b>	<b>422</b>	<b>248</b>	<b>294</b>	<b>83</b>	<b>26</b>

<sup>8</sup> Op basis van plannen met onbekende status met als functie (gedeeltelijke) bewoning ( $=0,4 \times 0,6 \times (92 + 6)$ ). Indien rekening wordt gehouden met alle mogelijk kwetsbare bestemmingen zal er ongeveer 60 km leiding betrokken zijn.

Tabel 17 Aantal Gasunie-kaarten waarbij de contour overlapt met beschouwde plannen van de Nieuwe Kaart van Nederland (afstand tot PR  $10^{-6}$  per jaar groter dan 5 meter)

Bestemming	Nieuwbouvlakken en herstructureringsgebieden			Zoekgebieden		
	Hard	zacht	Onbekend	Hard	Zacht	onbekend
Bedrijventerrein	93	70	31	9	3	1
Detailhandel	0	0	0	0	0	0
gemengd_landelijk	16	13	0	2	4	0
gemengd_stedelijk	8	3	0	48	4	2
Kantoor	2	16	4	0	0	0
Nutsvoorziening	8	0	3	67	0	0
Sport	7	9	4	0	1	0
Verblijfsrecreatie	0	8	0	0	0	0
Voorziening	6	4	1	0	0	2
Wonen	57	60	49	14	13	1
<b>Totaal</b>	<b>197</b>	<b>183</b>	<b>92</b>	<b>140</b>	<b>25</b>	<b>6</b>

Tabel 18 Aantal ruimtelijke plannen uit de Nieuwe Kaart van Nederland die binnen PR  $10^{-6}$  contouren vallen (inclusief belemmerde strook)

Bestemming	Nieuwbouvlakken en herstructureringsgebieden			Zoekgebieden		
	Hard	zacht	Onbekend	Hard	Zacht	onbekend
Bedrijventerrein	102	66	42	9	3	1
Detailhandel	1	1	2	0	0	0
gemengd_landelijk	16	5	0	2	4	0
gemengd_stedelijk	24	15	5	48	4	2
Kantoor	6	17	10	0	0	0
Nutsvoorziening	6	3	1	67	0	0
Sport	9	5	1	0	1	0
Verblijfsrecreatie	1	2	0	0	0	0
Voorziening	11	4	5	0	0	2
Wonen	107	89	115	14	13	1
<b>Totaal</b>	<b>283</b>	<b>207</b>	<b>181</b>	<b>140</b>	<b>25</b>	<b>6</b>



## 8 Relatie faalfrequentie corrosie en GR-aandachtspunten

In de herziene risicomethodiek voor aardgastransportleidingen wordt voor de kans op een leidingbreuk naast de invloed van ‘external interference’ (EI) ook ‘corrosie’ meegenomen. Op basis van de EGIG database zouden ook andere faaloorzaken van toepassing kunnen zijn [31]. Andere faaloorzaken die hebben geleid tot een leidingbreuk zijn de categorieën ‘constructiefouten’ en ‘grondbewegingen’. Echter, deze worden voor de specifiek Nederlandse situatie, hoewel ze natuurlijk niet absoluut kunnen worden uitgesloten, niet of minder relevant beschouwd of ze zijn alleen van toepassing in specifieke gevallen. Deze faaloorzaken worden dan ook niet in de generieke risicomethodiek meegenomen. Zo wordt de oorzaak ‘grondbewegingen’ niet in de risicomethodiek meegenomen omdat de suboorzaken ofwel niet van toepassing zijn voor de Nederlandse situatie (bijvoorbeeld aardverschuivingen) of als ze al van toepassing zijn, sterk locatie specifiek zijn (bijvoorbeeld overstromingen). Constructiefouten worden ontdekt bij de hydrostatische beproeving voordat een leiding in gebruik wordt genomen.

Er is voor gekozen om het aantal leidingbreuken als gevolg van EI te laten aansluiten bij de waargenomen casuïstiek. In de waargenomen casuïstiek zijn in principe alle onderliggende faaloorzaken verdisconteerd. De bijdrage van EI is dusdanig gekozen dat het aantal berekende leidingbreuken overeenkomt met de 95%-bovengrens in het betrouwbaarheidsinterval van het aantal waargenomen breuken (0,25 breuken per jaar). Het berekende aantal leidingbreuken komt daarmee overeen met de casuïstiek. Omdat een leidingbreuk als gevolg van corrosie niet volledig kan worden uitgesloten en deze generiek over het leidingnet kan voorkomen, is besloten de bijdrage hiervan in de risicomethodiek specifiek mee te nemen. Het blijkt nu dat de bijdrage van corrosie een bodem legt in de mogelijkheid om de totale kans op een leidingbreuk en daarmee het aantal aandachtspunten voor het groepsrisico te kunnen reduceren. Maatregelen die toegepast kunnen worden, hebben alle betrekking op de reductie van de oorzaak EI. De verwachting was dat de toepassing van deze maatregelen voldoende was om de in het consequentieonderzoek geconstateerde PR-knelpunten en/of GR-aandachtspunten op te kunnen lossen. De bijdrage van corrosie voor met name de GR-aandachtspunten kan dusdanig groot zijn, dat een aandachtspunt niet altijd opgelost kan worden door alleen maatregelen die aangrijpen op EI.

Het ministerie van VROM heeft het RIVM gevraagd te onderzoeken of corrosie daadwerkelijk een bodem in de faalfrequentie wordt gelegd [32]. Daarnaast is gevraagd om aan te geven wat de oplossingsmogelijkheden zijn. Als eerste wordt in Paragraaf 8.1 de invloed van de bijdrage van corrosie op de mogelijkheid tot het oplossen van de GR-aandachtspunten geschetst. Daarna wordt in paragraaf 8.2 de afleiding van de faalfrequentie voor corrosie in meer detail besproken. Vervolgens wordt in paragraaf 8.3 besproken of de huidige invulling van de bijdrage van corrosie nader kan worden genuanceerd.

### 8.1 Invloed corrosie op mogelijkheid oplossen GR-aandachtspunten

Als de risicomethodiek voor hoge druk aardgastransportleidingen toegepast wordt op het leidingnet van de Gasunie, dan wordt inclusief de invloed van de grondroerdersregeling en het aanvullende rappel, er ongeveer 0,1 breuk per jaar als gevolg van EI en 0,01 breuk per jaar als gevolg van corrosie berekend

[6]. Daarom zal de bijdrage van corrosie aan een leidingbreuk gemiddeld ongeveer 10% bedragen. Echter in de praktijk blijkt dat, afhankelijk van de wanddikte en diepteligging, voor specifieke leidingen de bijdrage van corrosie ook gelijk of zelfs groter kan zijn dan de bijdrage van EI. Hierbij speelt de diepteligging van de leiding een rol. Dit betekent dat indien er alleen maatregelen worden toegepast die ingrijpen op EI, de overall reductiefactor veel kleiner is dan de factor voor EI. Dit wordt in onderstaand voorbeeld toegelicht.

*Voorbeeld*

*Stel dat een aandachtspunt een overschrijding geeft van de oriëntatiewaarde met een factor 4 en dat de faalfrequentie voor EI 5 maal groter is dan de faalfrequentie voor corrosie ( $\beta$ ). Om dit aandachtspunt op te lossen moet de totale faalfrequentie van  $6\beta$  ( $=5\beta + \beta$ ) met een factor 4 worden verlaagd tot  $1,5\beta$  ( $=6\beta / 4$ ). In dit voorbeeld moet dan de bijdrage door EI bij een gelijkblijvende faalfrequentie voor corrosie worden teruggebracht met een factor 10 ( $5\beta / 10 + \beta = 1,5\beta$ ). Mocht de overschrijding van de oriëntatiewaarde groter dan 6 zijn dan is het niet meer mogelijk om het aandachtspunt met alleen maatregelen voor EI op te lossen, dit omdat corrosie een bodem in de faalfrequentie legt van  $\beta$ .*

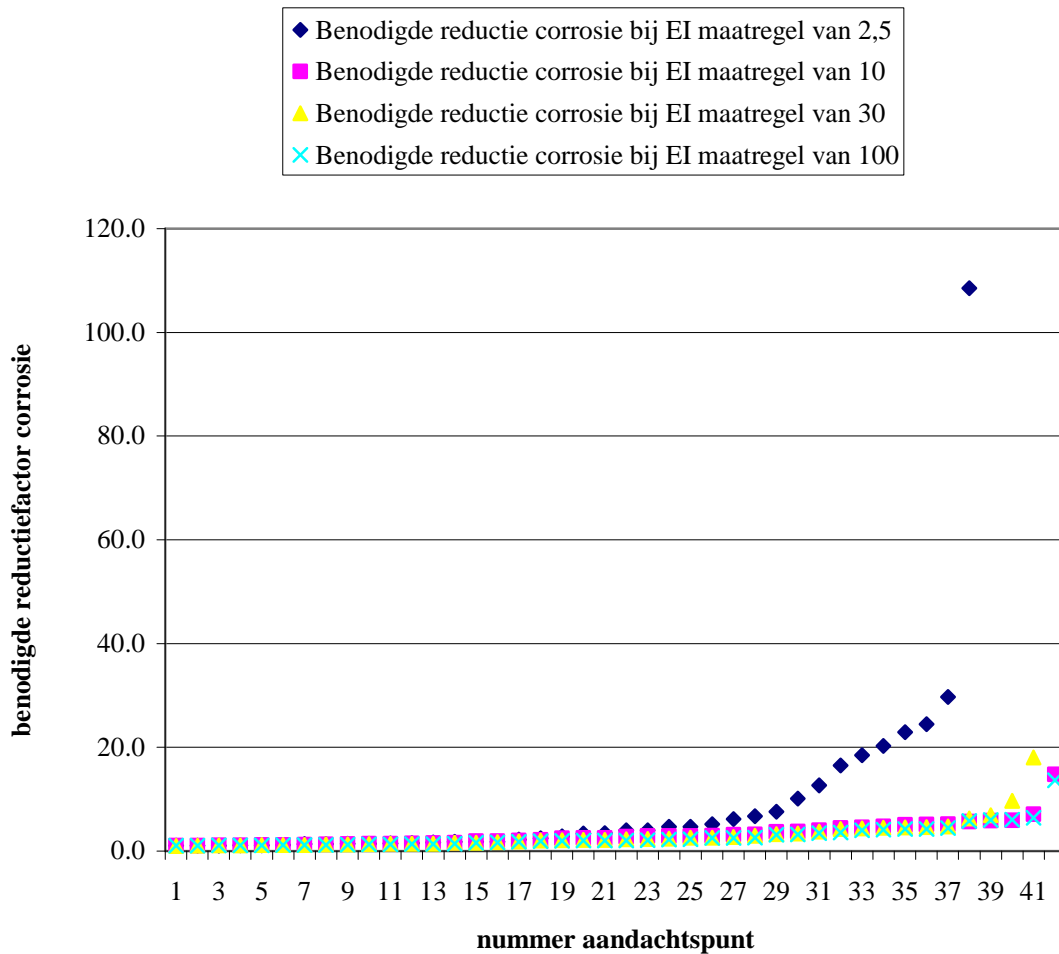
Voor de uiteindelijke 116 GR-aandachtspunten uit het consequentieonderzoek voor de gerealiseerde bebouwing is bekeken of deze kunnen worden opgelost door alleen het toepassen van maatregelen voor EI. Als voorbeeld zijn hiervoor maatregelen gekozen met een reductiefactor van 2,5, 10, 30 en 100. Als een aandachtspunt niet kan worden opgelost, is aanvullend bekeken of het wel opgelost zou kunnen worden als de faalfrequentie voor corrosie tot 0 per jaar wordt teruggebracht. De resultaten worden gegeven in Tabel 19.

Voor 4 van de 116 GR-aandachtspunten (paragraaf 6.2) zijn in de door de Gasunie aangeleverde data geen faalfrequentiedata beschikbaar zodat de analyse voor 112 aandachtspunten is uitgevoerd.

Tabel 19 Doorwerking van een maatregel voor EI voor 112 GR aandachtspunten

	Opgelost	Extra opgelost bij aanvullende correctie voor corrosie	Niet op te lossen
Factor EI 2,5	35	38	39
Factor EI 10	62	42	8
Factor EI 30	69	41	2
Factor EI 100	70	42	0

Figuur 5 geeft aan in hoeverre de corrosiefaalfrequentie per aandachtspunt teruggebracht moet worden om bij een gegeven reductiefactor voor EI het aandachtspunt op te lossen. Zo blijkt dat er 38 aandachtspunten extra kunnen worden opgelost als er naast de factor 2,5 voor EI ook een reductie van de faalfrequentie voor corrosie kan worden toegepast. De benodigde reductiefactor voor corrosie bedraagt maximaal 110. Dit geldt voor één punt, de overige aandachtspunten kunnen worden opgelost als er maximaal een factor 30 kan worden toegepast.



Figuur 5 Benodigde reductiefactor per GR-aandachtspunt in de corrosiefaalfrequentie bij een vastgestelde reductie voor EI

## 8.2 Beschrijving bepaling faalfrequentie corrosie

Corrosie kan zowel intern als extern optreden maar voor droog aardgas is alleen externe corrosie van belang [6]. Uitgangspunt voor de berekening van de breukfrequentie als gevolg van corrosie is de verdeling van waargenomen corrosiedefecten op leidingen van de Engelse operator National Grid (voorheen British Gas). De waargenomen defecten omvatten een mix van verschillende soorten van corrosie (putcorrosie etc.). Een uitzondering hierop betreft waarschijnlijk het recentelijk ontdekte corrosietype Microbiological Induced Corrosion (MIC). Hier wordt in het veiligheidsbeheersysteem van de Gasunie aandacht aan geschonken. Omdat het een recentelijk ontdekt type betreft zal bij een volgende herziening van de risicomethodiek moeten worden geëvalueerd of hier specifiek aandacht aan geschonken moet worden.



De waargenomen defecten worden in het corrosiemodel als uitgangspunt genomen en er wordt aangenomen dat deze al in het eerste levensjaar van de leiding aanwezig zijn en dat deze defecten zich in de loop van de tijd verder kunnen ontwikkelen. Afhankelijk van de diameter, wanddikte, druk, staalsoort en leeftijd van de leiding wordt vervolgens berekend wat de kans op een leidingbreuk is. Voor de leeftijd van de leiding is conservatief 50 jaar aangenomen en er is aangenomen dat in deze periode geen corrosie-inspectie plaatsvindt.

### 8.3 Mogelijkheden tot nuancering van de corrosiefaalfrequentie

Onderstaand worden de mogelijkheden tot verdere nuancering van de corrosiefaalfrequentie beschreven. Als mogelijkheden zijn onderzocht:

#### **Afkapcriterium FN-curve**

Er is bekeken of de berekende GR-aandachtspunten mogelijk een artefact zijn als gevolg van berekende FN-punten die in principe niet meer in de FN-curve worden meegenomen. Uit een analyse van de Gasunie blijkt dat de overschrijding van de oriëntatiewaarde voor het merendeel van de aandachtspunten in het frequentiegebied tussen  $10^{-7}$  en  $10^{-8}$  per jaar ligt. Omdat het afkapcriterium voor de cumulatieve frequentie van een FN-curve  $10^{-9}$  per jaar bedraagt [7], kan worden geconcludeerd dat de GR-aandachtspunten op basis hiervan niet als een artefact kunnen worden gekenmerkt. Ook een afkap op basis van de scenariofrequenties is niet aan de orde. De minimale scenariofrequentie voor corrosie voor de 112 GR-aandachtspunten is  $8,5 \times 10^{-8}$  per kilometerjaar. De maximale scenariofrequentie is gelijk aan  $2,4 \times 10^{-6}$  per kilometerjaar en de 50-percentielwaarde van de corrosiescenariofrequentie is gelijk aan  $1 \times 10^{-6}$  per kilometerjaar. Deze verdeling is vergelijkbaar met de verdeling op basis van de scenario's voor EI. Daarom is er geen reden om de bijdrage van corrosie niet mee te nemen.

#### **Casuïstiek**

Op basis van de casuïstiek is bekeken wat een goede schatting is voor de corrosiefaalfrequentie. Indien het leidingnetwerk van de Gasunie wordt doorgerekend voorspelt het model 0,01 leidingbreuk per jaar [6].

De beschikbare casuïstiek betreft:

- nul breuken als gevolg van corrosie waargenomen binnen het Gasunienetwerk (ongeveer 400.000 kilometerjaren) en
- nul breuken als gevolg van corrosie waargenomen binnen het EGIG-gebied (2,77 miljoen kilometer jaren) [31]

Als analoog aan de afleiding voor EI wordt uitgegaan wordt van het 95% betrouwbaarheidsinterval, dan wordt voor het Gasunienetwerk een breukfrequentie van 0,08 per jaar voorspeld. Als uitgegaan wordt van de 2,77 miljoen kilometerjaren uit de EGIG-database dan blijkt dat het 95%-betrouwbaarheidsinterval (bovengrens) overeenkomt met de berekende 0,01 breuk per jaar over het gehele leidingnet van de Gasunie. Omdat het gelijksoortige leidingen betreft is uitgegaan van de EGIG-data, en kan worden geconcludeerd dat de modelvoorspelling niet afwijkt van de casuïstiek en er geen aanleiding is om de modelvoorspellingen te corrigeren.

## 8.4 Aanvullende maatregelen

Op basis van de bevindingen uit paragraaf 8.3 kan worden geconcludeerd dat alleen door aanvullende maatregelen de corrosiefaalfrequentie kan worden gereduceerd. Als maatregel wordt voorgesteld om naast het generieke programma van corrosie-inspecties (dit zijn bijvoorbeeld coatinginspecties en pig-operaties) ook een specifiek inspectieprogramma in te richten voor de GR-aandachtspunten waarvoor een nadere reductie in de corrosiefaalfrequentie is gewenst. Hierbij wordt vooral gedacht aan het uitvoeren van coatinginspecties bij de GR-aandachtspunten. Er is voor gekozen om te focussen op de coatinginspecties omdat de coating de eerste bescherming vormt tegen het ontstaan van corrosie. Als een coatingdefect wordt ontdekt, zal hier op gelijke wijze als in het reguliere inspectieprogramma mee worden omgegaan. Op basis van de analyse van de coatinginspectie wordt bepaald of het nodig is de leiding op te graven en de defecten nader te bestuderen en zonodig te repareren.

Om de inspectiefrequentie vast te stellen is bekeken wat de invloed is van een hogere inspectiefrequentie ten opzichte van de nu in het model aangenomen inspectiefrequentie van eens per 50 jaar. Hoewel het huidige corrosiemodel niet in detail is bekeken, is het model toch gekozen om een inschatting te maken van de inspectiefrequentie. De belangrijkste reden hiervoor is dat de modelvoorspellingen niet afwijken van de casuïstiek. Het huidige corrosiemodel in PipeSafe wordt op termijn geëvalueerd en het verdient dan ook aanbeveling om op basis van de evaluatie te bezien of de inspectiefrequentie van de coating ook dient te worden aangepast.

In Tabel 20 wordt voor de meest voorkomende diameters met een GR aandachtspunt aangegeven wat de tijdsduur (in jaren) tussen twee opeenvolgende coating inspecties moet zijn, om een reductie in de corrosiefaalfrequentie te bewerkstelligen. Hiervoor is bekeken wat de faalfrequentie is na 50 jaar en voor welke jaar de betreffende reductie wordt bereikt. Dit is een conservatieve inschatting omdat voor iedere diameter uitgegaan is van de minimale wanddikte.

Tabel 20 Relatie tussen reductiefactor in de bijdrage van corrosie en de tijdsduur (jaren) tussen twee inspecties bij een minimale wanddikte

Reductie in corrosie	Diameter (inch)							
	4	6	8	12	16	18	30	36
3	4	8	7	9	13	4	10	12
10	4	5	6	7	10	3	7	9
30	3	5	5	6	8	2	5	7
100	3	4	4	6	7	2	4	6

Uitgaande van de benodigde reductiefactoren uit Figuur 5 kan worden afgeleid dat een inspectiefrequentie van eens in de vijf tot tien jaar voor de meeste GR-aandachtspunten voldoende is om de corrosiefaalfrequentie voldoende te reduceren. Echter, voor sommige GR-aandachtspunten zal op basis van deze (conservatieve) inschatting frequenter moeten worden geïnspecteerd. Wanneer rekening wordt gehouden met de specifieke leidingparameters (diameter, druk, wanddikte en staalsoort) blijkt dat de inspectiefrequentie lager kan zijn dan wat op basis van Tabel 20 wordt aangegeven. Als voorbeeld wordt hierbij het aandachtspunt genomen waarvoor aanvullend op een EI-maatregel met een factor van 2,5 de corrosiefaalfrequentie met een factor 110 moet worden teruggebracht. Dit betreft een 18 inch leiding. Op basis van Tabel 20 zou deze leiding eens in de twee

jaar moeten worden geïnspecteerd. Als rekening wordt gehouden met de daadwerkelijke wanddikte van de leiding zou deze eens in de negen jaar moeten worden geïnspecteerd.

In plaats van bovenstaand inspectieregime kan er ook worden gekozen om, voor zover mogelijk, een GR-aandachtspunt mee te nemen in het reguliere pigging programma. Bij het piggen gaat de Gasunie er op basis van ervaring vanuit dat er eerst een periode zal zijn waar geen corrosie zal optreden. Na een eerste pigging worden de resultaten hiervan gecombineerd met opgedane ervaringen en wordt het inspectieprogramma daarna met een bepaalde specifieke frequentie in de tijd voortgezet.

In overleg met het ministerie van VROM is besloten dat de inspectiefrequentie en de identificatie van de leidingstukken waar specifiek het inspectieprogramma op wordt toegespitst wordt overgelaten aan de Gasunie. Voorwaarde is wel dat dit binnen het Gasunie-zorgsysteem/inspectieprogramma aantoonbaar moet zijn geborgd. In de risicoberekeningen voor Gasunieleidingen hoeft de bijdrage van corrosie aan de faalfrequentie dan ook niet meer worden meegenomen.

## 9 Conclusies

De uitgangspunten voor de risicomethodiek voor aardgastransportleidingen zijn vastgesteld op basis van de huidige inzichten. Voor de door het RIVM uitgediepte onderwerpen zijn de volgende conclusies te trekken:

1. De vaststelling van de bijdrage van de bebouwde omgeving aan de ontstekingskans  
De totale bijdrage van de bebouwde omgeving aan de ontstekingskans is 0,1 voor leidingen met een diameter van 16 inch of kleiner. Deze factor moet worden opgeteld bij de ontstekingskans op basis van de casuïstiek. De bijdrage van de bebouwde omgeving wordt bepaald door de bijdrage van vonken op de gevel door uit de krater uitgeworpen puin en de bijdrage van in huis geïnfilteerd gas dat binnenshuis ontsteekt.
2. De invloed van de grondroerdersregeling op de kans op raken van een leiding  
Voor de effectiviteit van een wettelijke grondroerdersregeling is geschat dat deze een reductiefactor van 2,5 kan geven in het aantal leidingbreuken. De effectiviteit van de grondroerdersregeling is geschat op basis van een evaluatie van de Gasunie waarin zij hun afwikkeling van het KLIC-systeem en de onderliggende oorzaken bij een incident hebben onderzocht. Of de factor van 2,5 ook daadwerkelijk in de praktijk wordt gehaald, zal door een monitoringprogramma moeten worden vastgesteld.
3. De invloed van aanvullende maatregelen op de kans op raken van een leiding  
Bij knelpuntsituaties rond hoge druk aardgastransportleidingen kan een aantal maatregelen worden toegepast om het risico terug te brengen tot een aanvaardbaar niveau. De in deze rapportage genoemde maatregelen grijpen in op de voornaamste faaloorzaak van aardgastransportleidingen, namelijk 'beschadiging door derden'. Sommige maatregelen zullen afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Omdat de invloed van de grondroerdersregeling al in de basisfaalfrequentie is verwerkt, moet de effectiviteit van deze maatregelen nog worden gecorrigeerd voor de effectiviteit van de grondroerdersregeling. Om voor een maatregel een reductiefactor in te boeken, moet per maatregel aan specifieke randvoorwaarden worden voldaan. Of de geschatte reductiefactor in de praktijk daadwerkelijk wordt gehaald, moet door monitoren van de maatregelen worden bepaald. Maatregelen die specifiek door gemeenten kunnen worden genomen, worden in een vervolgstudie nader onderzocht.
4. Consequenties van de nieuwe risicoafstanden voor de gerealiseerde bebouwing  
Voor de gerealiseerde bebouwing is berekend dat er voor 30 kilometer leiding een knelpuntsituatie voor het PR ontstaat bij de introductie van de nieuwe afstanden. Het gaat om in totaal 102 leidingstukken. In de analyse is van de meest strikte definitie van het begrip incidentele bebouwing uitgegaan. Daarnaast is geschat dat voor ongeveer 75 kilometer leiding de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico wordt overschreden. In de groepsrisicoanalyse zijn zowel bewoners als werknemers meegenomen. Overschrijding van de oriëntatiewaarde kan zijn veroorzaakt doordat aanwezigen bij grote inrichtingen op één punt worden geconcentreerd. Dit bleek vooral het geval voor de situaties waarbij de oriëntatiewaarde met meer dan een factor 100 werd overschreden.

5. Consequenties van de nieuwe risicoafstanden voor geprojecteerde bebouwing

De consequenties van de nieuwe risicoafstanden voor de geprojecteerde bebouwing zijn geëvalueerd op basis van de Nieuwe Kaart van Nederland. Voor 65 tot 80 kilometer leiding kan een knelpuntsituatie ontstaan bij geprojecteerde, maar nog niet gerealiseerde, bebouwing. Het betreft hier situaties waarbij 'harde' plannen met als bestemming (gedeeltelijke) bewoning overlap vertonen met de berekende PR-contour van  $10^{-6}$  per jaar. Hierbij zijn alleen die situaties meegenomen waarbij de PR-contour van  $10^{-6}$  per jaar buiten de belemmerde strook valt. Of dit inderdaad knelpuntsituaties worden, hangt sterk af van de uiteindelijke ruimtelijke invulling van de plannen. Ook is er nog geen rekening gehouden met de vaststelling van het PR in meer detail (het uitintegreren van het risico), zoals dat wel voor de analyse van de gerealiseerde bebouwing is gedaan.

6. Invloed van de corrosiefaalfrequenties op GR-aandachtspunten

In de herziene risicomethodiek voor aardgastransportleidingen wordt voor de kans op een leidingbreuk naast de invloed van 'external interference' (EI) ook 'corrosie' meegenomen. Het blijkt dat de bijdrage van corrosie een bodem legt in de mogelijkheid om de totale kans op een leidingbreuk en daarmee het aantal aandachtspunten voor het groepsrisico te kunnen reduceren. Onderzocht is wat de oplossingsmogelijkheden zijn om de bijdrage van de corrosiefaalfrequentie voldoende te reduceren. De conclusie van dit onderzoek is dat er wordt aanbevolen de GR-aandachtspunten specifiek mee te nemen in het programma van coatinginspecties of het pig-programma. De Gasunie heeft dit punt voor het totale leidingnet in haar zorgsysteem opgenomen waardoor de bijdrage van corrosie aan de faalfrequentie voor Gasunieleidingen niet meer in de berekeningen hoeft worden meegenomen.

## Literatuur

- [1] Circulaire Zonering langs hogedruk aardgastransportleidingen. Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu. DGMH/B nr. 0104004. 26 november 1984.
- [2] Acton MR, Baldwin PJ, Baldwin TR, Jager E. The development of the PipeSafe Risk Assessment Package for gas transmission pipelines. ASME International. Proceedings of the International Pipeline Conference. Book No. G1075A. 1998.
- [3] NV Nederlandse Gasunie, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Adviesdienst Verkeer en Vervoer. Vergelijking PipeSafe versus Safeti. NV Nederlandse Gasunie. Rapport TR/T99.R.5011. 2000.
- [4] Advies VPS. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Brief 280/00 LSO Pos/dh. 2000.<sup>9</sup>
- [5] Laheij GMH. Risicomethodiek aardgastransportleidingen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Brief 390/06 CEV Lah/pbz-1191. 6 november 2006.<sup>9</sup>
- [6] Risicoanalyse aardgastransportleidingen (in voorbereiding). NV Nederlandse Gasunie. 2008.
- [7] Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen. Guidelines for Quantitative Risk Assessment. Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu. CPR 18<sup>E</sup>, PGS-3. 2005.
- [8] Jager E et al. A qualitative risk assessment of the gastransport services pipeline system network based on GIS data. ICT, Prague. 2002.
- [9] Corder I. The application of risk techniques to the design and operation of pipelines. IMechE. C502/016, pp 113-125. 1995.
- [10] R software environment for statistical computing and graphics. <http://www.r-project.org>. 2008 - geraadpleegd juli 2008.
- [11] Uitkomsten en afspraken overleg Risicomethodiek aardgastransportleidingen. Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag 12 oktober 2006.
- [12] Voorstudie concentratieopbouw van gas in woning nabij breuk in hoge druk aardgastransportleiding met behulp van CFD. Concept. NV Nederlandse Gasunie. Rapport TET 05.R.0291. 2005.
- [13] A study of the causes of ignition of natural gas releases from transmission pipelines. Advantica. IGR Phase 1. R5516. 2004.
- [14] Frekwentietabellen van de stabiliteit van het weer. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. 1972.
- [15] Risicoanalyse aardgastransport (concept). NV Nederlandse Gasunie. Rapport DET 05.R.0818 (concept) 2005.
- [16] Risicoanalyse aardgastransportleidingen. NV Nederlandse Gasunie. RT 2003.R.0355, versie 9.4. 2003.
- [17] Bepaling effectiviteit KLIC-proces ten aanzien van aardgastransportleidingen. NV Nederlandse Gasunie. Rapport RT 04.R.0694. 2004.
- [18] Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten. Memorie van toelichting. Tweede Kamer der Staten-Generaal. Tweede Kamer, vergaderjaar 2005-2006, 30 475 nr. 3. 2006.
- [19] Wet van 7 februari 2008, houdende regels over de informatie-uitwisseling betreffende ondergrondse netten (Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten). Staatsblad. 120. 2008.
- [20] Besluit van 12 juni 2008, houdende regels voor een systeem van informatie-uitwisseling ter voorkoming van graafschade (Besluit informatie-uitwisseling ondergrondse netten). Staatsblad. 233. 2008.

- [21] Verplichte informatie-uitwisseling ondergrondse kabels en leidingen. NEN. 2004.
- [22] Laheij GMH. Effectiviteit maatregelen hoge druk aardgastransportleidingen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Brief 243/07. CEV Lah/sij -1633. 14 september 2007.<sup>9</sup>
- [23] Risico reducerende maatregelen voor aardgastransportleidingen (eindrapport). Tebodin. Rapport 190636. 2003.
- [24] Aanvullende risico reducerende maatregelen. NV Nederlandse Gasunie. Notitie TAM 07.M.0008. 2007.
- [25] Laheij GMH. Consequentieonderzoek aardgastransportleidingen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu . Brief 162/07 CEV Lah/sij-1629. 25 juni 2007.<sup>9</sup>
- [26] Consequentieonderzoek aardgastransportleidingen. NV Nederlandse Gasunie. Rapport TAM 07.0114. 2007.
- [27] Laheij GMH. Twijfelgevallen incidentele bebouwing. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Brief 265/07 CEV Lah/sij-1629. 15 oktober 2007.<sup>9</sup>
- [28] Nieuwe Kaart van Nederland. [www.nieuwekaart.nl](http://www.nieuwekaart.nl). 2007 - geraadpleegd juli 2008.
- [29] Risicocontouren rond hogedruk aardgastransportleidingen. NV Nederlandse Gasunie. Brief TAM 07.0109. 2007.
- [30] Analyse risicosituaties geprojecteerde bebouwing nabij Gasunietransportleidingen. Lievense BV. Rapport no. 073342. 2007.
- [31] 6<sup>th</sup> Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (1970-2004). EGIG. EGIG 05.R.0002. [www.egig.nl](http://www.egig.nl). 2005. - geraadpleegd juli 2008.
- [32] Conclusies en afspraken ambtelijk overleg aardgastransportleidingen, Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu, Utrecht 5 december 2007.

---

<sup>9</sup> Op te vragen via [cev@rivm.nl](mailto:cev@rivm.nl)

## Bijlage 1 Vaststelling van de risicomethodiek

In de RIVM-brief 'Risicomethodiek aardgastransportleidingen' (kenmerk 390/06 CEV Lah/pbz -1191, Van 6 november 2006 is de vaststelling van de methodiek beschreven. De inhoud van deze brief wordt hieronder gegeven.

-----  
Geachte heer Moons,

Met deze brief willen we u informeren over de stand van zaken met betrekking tot de gedachtewisseling met de Gasunie over de rekenmethodiek voor aardgastransportleidingen. Hierover heeft op 13 juli en 25 augustus inhoudelijk overleg plaatsgevonden tussen vertegenwoordigers van de Gasunie en het RIVM. Op 12 oktober is in het ambtelijke overleg met de Gasunie de stand van zaken besproken. In dit overleg is besloten dat de huidige methodiek (50%-LEL methode) op de volgende punten kan worden aangepast:

### Ontstekingskans

De invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans is voor leidingen tot een diameter van 18 inch geschat op een additionele factor van 0,1 ten opzichte van de op de casuïstiek bepaalde ontstekingskans.

### Grondroerdersregeling en aanvullende maatregelen Gasunie

Naar beste inschatting resulteert de grondroerdersregeling in een reductiefactor van 2,5 op de kans op een leidingbreuk als gevolg van graafschade geeft. Voor de aanvullende maatregelen van de Gasunie bij de professionalisering van het KLIC systeem wordt geschat dat deze een aanvullende reductiefactor van 1,2 geven. Hiermee komt de totale reductiefactor voor dit onderdeel op 3.

Daarnaast is in het overleg op 12 oktober geconstateerd dat er voor twee onderwerpen (punt 3 en 4) nog aanvullende informatie nodig is om een (reductie)factor te kunnen vaststellen. Hiervoor heeft de Gasunie de benodigde achtergrondinformatie aangeleverd<sup>10</sup> en deze is op 27 oktober besproken tussen de Gasunie en het RIVM.

### Vaststelling van het basisrisico

Bekeken is hoe het verschil in gemodelleerde en waargenomen leidingbreuken en de trend in de faaldata in de faalfrequenties kunnen worden verdisconteerd. De Gasunie heeft voorgesteld om hiervoor een factor van 2,8 in de faalfrequentie voor leidingbreuken als gevolg van graafwerkzaamheden in de risicoberekening mee te nemen. Het RIVM onderschrijft op basis van de aangeleverde data deze factor.

### Het tijdstip van ontsteken

Voor 36 incidenten (wereldwijd) waarbij een leidingbreuk gevolgd werd door ontsteking is het tijdstip van ontsteking globaal vastgesteld. Op basis daarvan is onze conclusie dat in de risicoberekeningen er een opsplitsing kan worden gemaakt naar de ontsteking binnen de eerste 20 seconden (75% van de totale ontstekingskans) en ontsteking binnen het tijdsinterval 120-140 seconden (25% van de totale ontstekingskans). De inschatting is dat hierdoor het risico gemiddeld met een factor 1,2 wordt gereduceerd.

---

<sup>10</sup> Gasunie. Informatie ten behoeve van inhoudelijk overleg vrijdag 27 oktober 2006.



We merken op dat de reductiefactor voor de grondroerdersregeling en het verdisconteren van de trend in de leidingbreuken mogelijk niet helemaal onafhankelijk van elkaar zijn. De overall factor van beide is dan niet gelijk aan het product van beide factoren. Dit zal vooral het geval zijn als de trend in de leidingbreuken veroorzaakt wordt door een betere detectie, bijvoorbeeld door helikopterinspecties, van werkzaamheden die een relatief grote kans op een leidingbreuk hebben (b.v. drainagewerkzaamheden). Op basis van de beschikbare data is dit niet vast te stellen, maar het is niet uit te sluiten dat er aanvullende eisen aan de grondroerdersregeling moeten worden gesteld om een overall factor van 8,4 (= 3 x 2,8) in de leidingbreuken te bereiken. Hiervoor zal een gericht monitoringprogramma nodig zijn.

De Gasunie heeft ook nog een aantal andere punten ingebracht (kwantificering van recent genomen maatregelen en de invloed van vergunningafspraken, opsplitsing van faalfrequentie in een frequentie van de bebouwde en niet bebouwde omgeving). Deze punten kunnen op dit moment niet worden aangepast omdat benodigde data om de invloed op het risico te onderbouwen, ontbreken. Tevens is op beleidsmatige gronden beslist dat voor de leidingdruk de ontwerpdruk en niet de gemiddelde druk als uitgangspunt genomen dient te worden. De punten waarop de huidige methodiek volgens ons kan worden aangepast worden hieronder nader besproken.

### 1 Vaststelling invloed bebouwde omgeving op de ontstekingskans

Aanvankelijk was het de bedoeling om door middel van experimenten en CFD modellering de invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans vast te stellen. Echter, enkele andere belangrijke factoren<sup>11</sup> moeten nog steeds worden geschat met de daaraan verbonden onzekerheid waardoor de bijdrage van de experimenten bij het oplossen van dit probleem beperkt is. Daarom is besloten de experimenten niet te laten uitvoeren. Op basis van de beschikbare gegevens is het RIVM van mening dat voor de leidingen met een diameter tot 18 inch de invloed van de bebouwde omgeving een extra bijdrage geeft van ongeveer 0,1 ten opzichte van de casuïstiek<sup>12</sup>. Deze schatting komt overeen met het voorstel van de Gasunie op dit punt.

### 2 Effectiviteit grondroerdersregeling en aanvullende maatregelen door de Gasunie

Bij de professionalisering van het KLIC systeem is een aantal maatregelen opgenomen die wij zinvol achten in aanvulling op de grondroerdersregeling. Het betreft hier vooral de invoering van een rappelsysteem. In lijn met onze inschatting voor de grondroerdersregeling is afgeleid dat deze maatregel in combinatie met de grondroerdersregeling een totale reductiefactor van ongeveer 3 zal opleveren in plaats van de geschatte factor 2,5 voor alleen de grondroerdersregeling. Omdat deze extra factor alleen geldt voor leidingen die door de Gasunie worden beheerd en ook nog niet zijn geborgd is ons voorstel om de extra factor als losse factor in de berekeningen mee te nemen. Dit betekent dat voor de grondroerdersregeling van een factor 2,5 uitgegaan kan worden met een extra factor van 1,2 voor de invoering van het rappelsysteem

### 3 Vaststelling basisrisico

Op basis van de door de Gasunie aangeleverde gegevens kan worden geconcludeerd dat er in de leidingbreuken een significante trend<sup>13,14</sup> kan worden vastgesteld. De Gasunie heeft daarom

---

<sup>11</sup> Bijvoorbeeld de bodemsoort en de kans dat ramen breken als gevolg van de fysische explosie.

<sup>12</sup> G.M.H. Laheij. Invloed van de bebouwde omgeving op de ontstekingskans bij een leidingbreuk van een aardgas-transportleiding. 2006.

<sup>13</sup> Leidingbreuken bepalen het risico van aardgastransportleidingen. Trend is overigens alleen te zien in de leidingbreuken. In het aantal incidenten en lekken als gevolg van graafwerkzaamheden is geen significante trend aan te tonen.

voorgesteld om in plaats van het tot nu gehanteerde tijdvenster van 25 jaar (1977-2001) uit te gaan van een tijdvenster dat meer representatief is voor de huidige praktijk. Wij kunnen ons vinden in deze benadering. Op basis van de incidenten voor de afgelopen 11 jaar (geen leidingbreuken in deze periode) kan worden geconcludeerd dat het aantal leidingbreuken met 95% betrouwbaarheid kleiner dan 0,25 per jaar moet zijn.

In de huidige methodiek wordt voor het huidige leidingnet van de Gasunie berekend dat de kans op een leidingbreuk 0,7 per jaar is. Het voorstel van de Gasunie is om de berekende faalfrequenties te reduceren met een factor 2,8 ( $=0,7/0,25$ ). Wij kunnen ons op basis van de beschikbare data vinden in dit voorstel<sup>15</sup>.

Op het ambtelijk overleg van 12 oktober is aan het RIVM gevraagd of de afleiding van de faalfrequenties voor de aardgastransportleiding in lijn is met de afleiding van de faalfrequenties voor inrichtingen of andere transportmodaliteiten. Deze vraag is niet éénduidig te beantwoorden omdat, afhankelijk van de beschikbare data, voor verschillende installatieonderdelen ook verschillende benaderingen zijn gekozen. Veelal zijn de faalfrequenties afgeleid op basis van de beschikbare casuïstiek waar soms ook rekening wordt gehouden met de betrouwbaarheidsgrenzen maar ook zijn inschattingen op basis van foutenbomen of vergelijkingen met vergelijkbare installatieonderdelen gemaakt als casuïstiek ontbrak. Wel is onze conclusie dat de afleiding van de huidige faalfrequenties voor de aardgastransportleidingen goed aansluit bij de huidige praktijk. Zo is bijvoorbeeld het nemen van een tijdvenster dat goed aansluit bij de huidige praktijk in lijn met de benadering die voor de herziening van de faalfrequenties voor scheepvaart wordt gekozen.

#### 4 Tijdstip van ontsteken

In internationaal verband is onderzocht of er op basis van de verzamelde gegevens bij incidenten een uitspraak gedaan kan worden over het tijdstip van ontsteken. Voor 36 incidenten waarbij een leidingbreuk gevolgd werd door ontsteking is het tijdstip van ontsteking globaal vastgesteld. Het tijdstip van ontsteken is geschat door de bij het incident aanwezige personen. Deze data zijn op bij het overleg van 27 oktober ingezien. Op basis daarvan is onze conclusie dat in de risicoberekeningen er een opsplitsing kan worden gemaakt naar de ontsteking binnen de eerste 20 seconden (75% van de totale ontstekingskans) en ontsteking binnen het tijdsinterval 120-140 seconden (25% van de totale ontstekingskans). Een punt van aandacht is dat de onderliggende data in een vertrouwelijk rapport worden vermeld. Met de Gasunie is afgesproken dat vertegenwoordigers van de overheid dit rapport altijd kunnen komen inzien.

Ik vertrouw er op u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Ir. C.M. van Luijk  
Hoofd Centrum Externe Veiligheid

---

<sup>14</sup> RIVM - Expertisecentrum voor Methodes en Informatie. Reactie op voorstel Gasunie voor aanpassing van het basisrisico. 31 oktober 2006.

<sup>15</sup> Het is correcter om de correctiefactor per diameterklasse vast te stellen. Maar de beschikbare data laten dit niet toe. Zo is door het ontbreken van leidingbreuken in de diameterklasse van 18 – 48 inch (periode 1977-2005) het niet mogelijk een goede referentiewaarde voor deze klasse te bepalen.

**RIVM**

Rijksinstituut  
voor Volksgezondheid  
en Milieu

Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)