

# Rapport.

## Kwantitatieve Risicotoetsing Tracé Bornerbroek-Epe (versie 5)



66912950-GCS 09.R.50146

**Kwantitatieve Risicotoetsing  
Tracé Bornerbroek-Epe  
(versie 5)**

Groningen, 22 december 2009

Auteur M. van Burgel  
F.M. den Blanken

In opdracht van NV Nederlandse Gasunie

---

auteur : M. van Burgel	22-12-2009	beoordeeld :
A 47 blz. 2 bijl.	MTM	goedgekeurd :



© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Het is verboden om dit document op enige manier te wijzigen, het opsplitsen in delen daarbij inbegrepen. In geval van afwijkingen tussen een elektronische versie (bijv. een PDF bestand) en de originele door KEMA verstrekte papieren versie, prevaleert laatstgenoemde.

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

De inhoud van dit rapport mag slechts als één geheel aan derden kenbaar worden gemaakt, voorzien van bovengenoemde aanduidingen met betrekking tot auteursrechten, aansprakelijkheid, aanpassingen en rechtsgeldigheid.

## **SAMENVATTING**

In opdracht van Gasunie is een risicostudie uitgevoerd voor het zogenaamde Bornerbroek - Epe tracé van de leiding A-670. Deze risicostudie is een update van de vierde versie van 8 september 2009 (66912950-GCS 09.R.50146).

De risicostudie in dit rapport is conform de in opdracht van de Nederlandse overheid opgestelde richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses uitgevoerd met PIPESAFE. PIPESAFE is een door de Nederlandse overheid goedgekeurd softwarepakket voor risicoberekeningen aan hoge druk aardgastransportleidingen. In de berekeningen is gebruik gemaakt van de bevolkingsdatabase van RIVM en de berekeningen zijn uitgevoerd conform de met RIVM overeengekomen en door VROM geaccepteerde rekenmethodologie.

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

Met betrekking tot het plaatsgebonden risico (PR) voldoet het voorziene ontwerp van de leiding aan de door de Nederlandse overheid gestelde norm van  $PR < 10^{-6}$  per jaar ter plaatse van (beperkt) kwetsbare objecten, zowel t.a.v. de reeds aanwezige kwetsbare objecten als de geplande ruimtelijke ontwikkelingen (bijlage B).

Het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, voldoet aan de oriëntatiewaarde voor groepsrisico, zijnde  $F \cdot N_2 < 10^{-2}$  per km per jaar, waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer dodelijke slachtoffers, zowel t.a.v. de reeds aanwezige bevolking als t.a.v. de bevolking waar in de ruimtelijke plannen (bijlage B) wordt voorzien.

## INHOUD

	blz.
<b>SAMENVATTING</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INLEIDING</b> .....	<b>6</b>
<b>2 RISICOANALYSE</b> .....	<b>7</b>
2.1 ALGEMEEN .....	7
2.2 TOETSINGSCRITERIA .....	8
<b>3 UITGANGSPUNTEN</b> .....	<b>9</b>
3.1 ATMOSFERISCHE CONDITIES.....	9
3.2 LEIDINGTRACÉ .....	9
3.3 AARDGASSAMENSTELLING.....	11
3.4 BEVOLKINGSGEGEVENS .....	12
<b>4 FAALSCENARIO'S EN FAALLOORZAKEN</b> .....	<b>13</b>
4.1 FAALLOORZAKEN.....	13
4.2 FAALSCENARIO'S .....	13
<b>5 FAALFREQUENTIEBEREKENING</b> .....	<b>15</b>
5.1 FAALFREQUENTIE .....	15
5.2 ONTSTEKINGSKANS.....	15
5.3 ONTSTEKINGSTIJDSTIP .....	15
<b>6 EFFECTBEREKENINGEN</b> .....	<b>16</b>
6.1 UITSTROOM.....	16
6.2 WARMTESTRALING.....	17
6.3 LETALITEIT.....	17
<b>7 RISICOBEREKENINGEN</b> .....	<b>19</b>
7.1 PLAATSGEBONDEN RISICO.....	19
7.2 GROEPSRISICO .....	20
<b>8 RESULTATEN</b> .....	<b>22</b>
8.1 PLAATSGEBONDEN RISICO.....	22
8.2 GROEPSRISICO .....	23
8.2.1 <i>Groepsrisicoscreening</i> .....	23
8.2.2 <i>FN-Curves</i> .....	26
<b>9 CONCLUSIES</b> .....	<b>29</b>
<b>10 REFERENTIES</b> .....	<b>30</b>

<b>BIJLAGE A FAALFREQUENTIES .....</b>	<b>32</b>
A1 SCHADE DOOR DERDEN .....	32
A2 REFERENTIES .....	35
<b>BIJLAGE B GEPLANEDE RUIMTELIJKE ONTWIKKELINGEN .....</b>	<b>36</b>
B1 ONTWIKKELINGEN IN DE GEMEENTE ALMELO.....	36
B2 ONTWIKKELINGEN IN DE GEMEENTE HOF VAN TWENTE .....	37
B3 ONTWIKKELINGEN IN DE GEMEENTE BORNE .....	39
B4 ONTWIKKELINGEN IN DE GEMEENTE HENGELO .....	40
B5 ONTWIKKELINGEN IN DE GEMEENTE ENSCHEDE .....	41
<b>VERZENDLIJST .....</b>	<b>46</b>

## 1 INLEIDING

In dit rapport wordt een analyse gemaakt van de A-670, het zogenaamde Bornerbroek – Epe tracé welke Gasunie overweegt aan te leggen. Dit tracé zal gaan bestaan uit een leiding bedreven op 80 bar, met diameters tussen de 24 en 36“.

Een eerste versie van dit rapport is op 8 oktober 2008 verschenen (DET 2008.R.0714), inmiddels is dit de vijfde versie. Het verschil met de vierde versie van september 2009 is dat er wijzigingen zijn opgetreden in het tracé, de wanddikte van de leiding en de ruimtelijke ontwikkelingen.

De risicostudie in dit rapport is conform de in opdracht van de Nederlandse overheid opgestelde richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses [3] uitgevoerd met PIPESAFE [4, 5]. PIPESAFE is een door de Nederlandse overheid goedgekeurd softwarepakket voor risicoberekeningen aan aardgastransport. PIPESAFE is in een periode van meer dan 10 jaar ontwikkeld in internationaal verband, is gebaseerd op jarenlang fundamenteel onderzoek naar de oorzaken en consequenties van falen van gastransportleidingen en is gevalideerd middels experimenten op zowel kleine als volle schaal [6]. In het jaar 2000 heeft het ministerie van VROM besloten om Gasunie toestemming te verlenen risicoberekeningen met betrekking tot aardgastransportleidingen uit te voeren met PIPESAFE, voor zover dit conform CPR-18E [3] plaatsvindt [7].

## 2 RISICOANALYSE

Risicoanalyse is een gestructureerde methodiek die het nemen van beslissingen op het gebied van risicobeheersing ondersteunt. Bovendien biedt risicoanalyse de mogelijkheid om aan te tonen dat mogelijke effecten, tezamen met hun kans van optreden, op basis van geldende regelgeving acceptabel zijn.

### 2.1 Algemeen

In het algemeen bestaat een risicoanalyse van een aardgastransportleiding uit de volgende stappen:

1. *Verzamelen van gegevens.* Hierbij is het niet alleen van belang dat het leidingtracé goed wordt beschreven, maar ook dat de omgeving van het tracé op een gedegen manier in kaart wordt gebracht, onder meer met betrekking tot bevolkingsdata.
2. *Bepaling van mogelijke faalscenario's.* Met betrekking tot de te bestuderen leidingen gaat het hierbij om het falen van de leidingen als lek of als breuk.
3. *Faalfrequentie berekening.* Op basis van de faalscenario's worden faalfrequenties afgeleid. Indien wordt afgeweken van de waarden zoals die zijn opgenomen in [3], is het vereist dat de gehanteerde frequenties goed worden onderbouwd.
4. *Effectberekeningen.* Middels de geïdentificeerde faalscenario's kan worden bepaald welke gezondheidseffecten er naar verwachting zullen ontstaan ten gevolge van uitstroom van gas of brand.
5. *Risicoberekening.* Op basis van de berekende faalfrequenties en de effectberekeningen kan het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR) worden bepaald.

#### a. *Plaatsgebonden risico*

Het PR wordt gedefinieerd als de kans per jaar dat een persoon die onbeschermd op een plaats buiten een buisleiding onafgebroken zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die buisleiding, waarbij een gevaarlijke stof betrokken is.

#### b. *Groepsrisico*

Het GR wordt gedefinieerd als de cumulatieve kansen per jaar dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een buisleiding en een ongewoon voorval met die buisleiding, waarbij een gevaarlijke stof betrokken is, uitgezet in een grafiek (FN-curve) met op de horizontale as het aantal dodelijke slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve kansen per jaar op tenminste dat aantal slachtoffers.



6. *Risicobeoordeling*. Op basis van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico en de vastgestelde criteria voor deze risico's wordt beoordeeld of het berekende risico acceptabel is. Indien dit niet het geval is, moet het effect van risicobeperkende maatregelen worden bestudeerd. In de volgende sectie worden de toetsingscriteria nader toegelicht.

## 2.2 Toetsingscriteria

Om te bepalen of de berekende risico's acceptabel zijn, wordt in principe getoetst aan de criteria die in een tweetal documenten door de overheid zijn vastgelegd, zijnde het ontwerp-Besluit externe veiligheid buisleidingen [1] en de circulaire VROM [2].

De circulaire bevat bebouwingsafstanden<sup>1</sup> die afhankelijk zijn van leidingdiameter, operationele druk en aard der bebouwing. Voor een 36" leiding met een operationele druk van 80 bar geldt een bebouwingsafstand van 35 meter indien er sprake is van een gebied waar relatief veel personen aanwezig zijn (gebiedsklassen 3 en 4). In dunbevolkte gebieden wordt de bebouwingsafstand gereduceerd tot 5 meter (gebiedsklassen 1 en 2). In dit rapport is echter, na overleg met de gemeente Enschede, niet getoetst aan de criteria uit de circulaire VROM.

Het ontwerp Besluit externe veiligheid buisleidingen [1] geeft voor nieuwe situaties (hetgeen bij aanleg van nieuwe leidingen het geval is) als norm voor het plaatsgebonden risico:  $PR < 10^{-6} \text{ jaar}^{-1}$ . In deze studie is daarom een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd.

Voor het groepsrisico van ondergrondse gastransportleidingen is een oriëntatie waarde gesteld van  $F \cdot N^2 < 10^{-2} \text{ km}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ , waarbij  $F$  de frequentie is met  $N$  of meer dodelijke slachtoffers (zie [1]).

---

<sup>1</sup> De bebouwingsafstand refereert aan een afstand tot aan het hart van de leiding en definieert zodoende een strook rond de leiding waarbinnen gebouwen niet zijn toegestaan.

### 3 UITGANGSPUNTEN

#### 3.1 Atmosferische condities

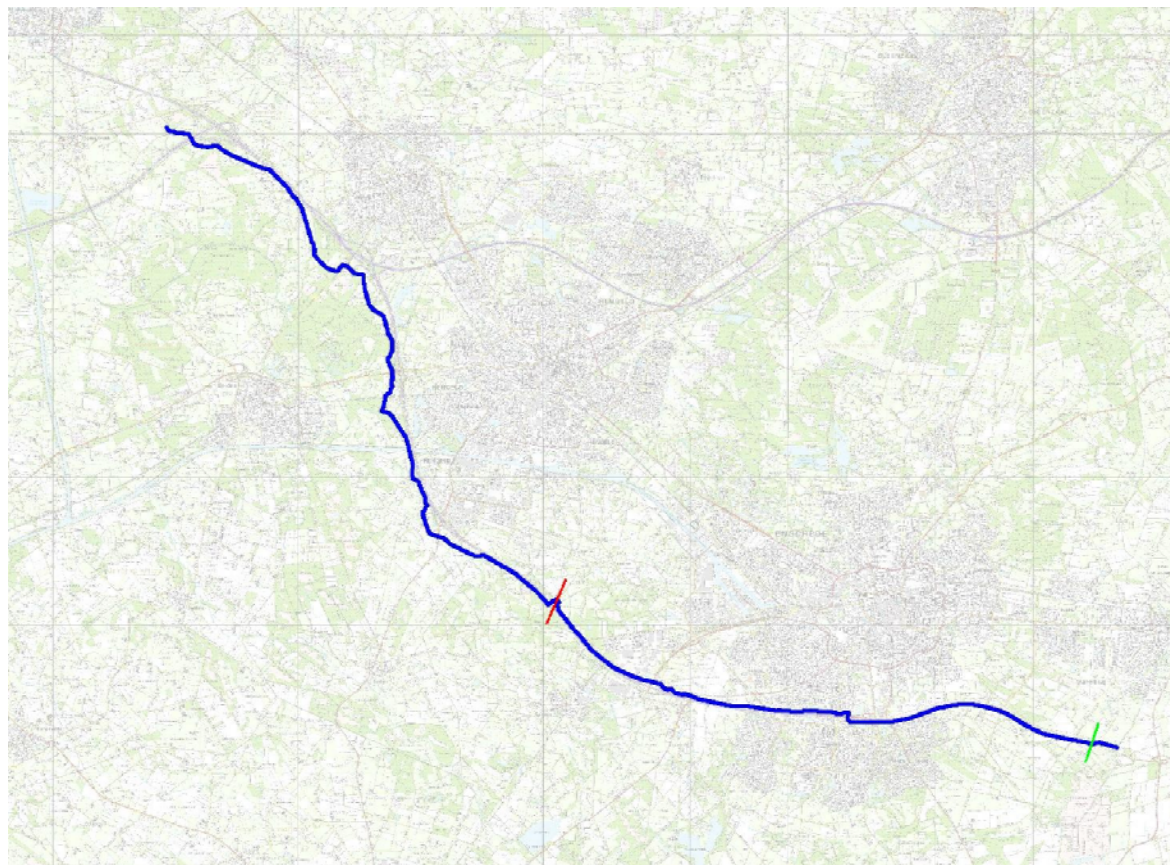
De belangrijkste atmosferische condities die van toepassing zijn bij de risicoberekeningen zijn overgenomen uit de richtlijnen [3] en opgenomen in Tabel 1. De verdeling van de windsnelheden en de windroos is gekozen volgens [3]. De invulling van de kansen van optreden zijn gebaseerd op het Nederlands gemiddelde.

Parameter	Waarde in CPR-18E
Omgevingstemperatuur [K]	282
Temperatuur van het gas [K]	282
Atmosferische druk [bara]	1.0151
Luchtvochtigheid [%]	83
Aantal uren in een dag [-]	10.5

Tabel 1: Atmosferische condities zoals opgenomen in CPR-18E.

#### 3.2 Leidingtracé

De gastransportleiding A-670 is in de risicostudie meegenomen. De coördinaten van deze leiding zijn gebruikt zoals deze op 14 december 2009 zijn aangeleverd. Ter indicatie is het verloop van de A-670 weergegeven in Figuur 1. De rode en groene streepjes geven de diameterovergangen weer in de leiding, van resp. 30" naar 36" en van 36" naar 24".



*Figuur 1: Visualisatie van de A-670 (blauw) op de kaart van Nederland. Het rode streepje op de leiding geeft de overgang aan van het 30" naar het 36" deel van de leiding. Het groene streepje de overgang van het 36" naar het 24" deel van de leiding.*

De voor de berekening van belang zijnde leidingparameters en bijbehorende waarden zijn samengevat in Tabel 2.

<b>Parameter</b>	<b>A-670 Bornerbroek- Hofdijk</b>	<b>A-670 Hofdijk- afsluiterlocatie</b>	<b>A-670 Afsluiterlocatie- grens Duitsland</b>
Diameter [mm]	762 (30")	914 (36")	610 (24")
Wanddikte [mm]	Min. 10	Min. 12.1	Min. 9.3
Staalsoort [-]	X70	X70	X60
Ontwerpdruk [barg]	80	80	80
Minimale dekking [m]	1.70	1.50	1.50
Stationing [m]	0 - 14842.4	14842.4 - 27091.5	27091.5 - 27591.5

*Tabel 2: Leidingparameters*

### 3.3 Aardgassamenstelling

In Tabel 3 staan de fysische eigenschappen van hoogcalorisch gas (H-gas), waarmee in de risicostudie is gerekend.

Dichtheid, kg/m <sup>3</sup>	0.8168
Calorische onderwaarde, MJ/m <sup>3</sup>	36.4275
Moleculaire massa, kg/kmol	18.2568
Stoichiometrische concentratie in lucht, vol%	9.668
Verhouding specifieke warmte	1.32
Kritische temperatuur, K	205.016
Kritische druk, bar	47.4
Onderste ontvlambaarheidsgrens, vol%	4.8695
Specifieke warmtecapaciteit, J/kg·K	2341

Tabel 3: Fysische eigenschappen H-gas.

### 3.4 Bevolkingsgegevens

De omgevingsdata is geëxtraheerd uit een populatiebestand dat door RIVM ter beschikking is gesteld. Dit bestand geeft per object onder meer de code van het type object aan (bijvoorbeeld 1 = vrijstaande woning, 2 = twee-onder-één-kap woning, 10 = boerderij), als ook het aantal personen (wat overigens geen geheel getal is <sup>2</sup>) en de hoofdfunctie van het object. Deze hoofdfunctie wordt gekarakteriseerd door één of meerdere hoofdletters. Bijvoorbeeld: 'W' staat voor woning, 'R' voor recreatie, 'O' voor onderwijs en 'Z' voor zorginstelling.

Het wordt opgemerkt dat de aantallen personen vermeld bij 'R', 'Z' of 'O'-instellingen, het aantal werknemers betreft. In dat opzicht is de database dus niet volledig omdat de 'bewoners' van deze objecten ontbreken. Daarvoor worden aannames gehanteerd. Voor zorginstellingen bedraagt het aantal patiënten per werknemer 0.43. Voor onderwijsinstellingen bedraagt het aantal leerlingen per werknemer 9.0 en voor recreatie bedraagt het aantal recreanten per werknemer 3.9. Deze aantallen zijn gebaseerd op [13].

Opgemerkt wordt dat het gebruikte populatiebestand enkel onder licentievoorwaarden kan worden gebruikt en alleen toegepast kan worden met uitdrukkelijke toestemming en medewerking van het RIVM. De risicoanalyse is door KEMA uitgevoerd, waarmee uitdrukkelijk wordt gesteld dat het RIVM als toetsend orgaan deze risicoanalyse onafhankelijk kan beoordelen.

In de risicoberekening rekening gehouden met de bevolkingsgegevens van de Grolsch fabriek te Enschede. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt zoals aangeleverd door de gemeente Enschede.

Tevens is rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen in de nabijheid van de leiding. In de eerste versie van dit rapport is dat niet gebeurd. Deze ontwikkelingen zijn geïnventariseerd door BügelHajema Adviseurs en zijn beschreven in Bijlage B. Het groepsrisico is twee maal berekend: voor de huidige situatie en voor de toekomstige situatie, waarin rekening is gehouden met deze nieuwbouwplannen.

---

<sup>2</sup> Navraag bij RIVM leerde dat toekenning van het aantal personen per adres plaatsvindt op basis van het corresponderende postcodegebied. Voor een aantal woningen in een postcodegebied wordt het aantal personen geteld in die woningen. De gemiddelde waarde op basis van deze telling wordt van toepassing verklaard op alle woningen in dat postcodegebied.

## 4 FAALSCENARIO'S EN FAALLOORZAKEN

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd conform CPR-18E [3]. Met betrekking tot het falen van aardgasleidingen spreekt deze richtlijn over een tweetal scenario's, te weten lekken en breuken. Voor ondergrondse aardgastransportleidingen dient een lek gemodelleerd te worden als een rond gat met een diameter van 20 mm.

### 4.1 Faaloorzaken

Uit zowel Gasunie- als internationale data betreffende leidingbeschadigingen en leidingincidenten blijkt dat schade door derden (external interference) de primaire faaloorzaak is voor ondergrondse gastransportleidingen. Daarnaast is ook corrosie een faaloorzaak, evenals materiaal- en constructiefouten, vermoeiing, SCC<sup>3</sup> en aardverschuivingen. Echter, de laatste twee faaloorzaken zijn in Nederland tot nog toe niet waargenomen. Ook worden de aardgastransportleidingen in Nederland niet sterk cyclisch belast zodat vermoeiing tevens kan worden uitgesloten als faaloorzaak. Bovendien worden de leidingen voor aanleg hydrostatisch beproefd, zodat de kans op constructie- en materiaal fouten nihil kan worden geacht. Falen door corrosie wordt voldoende ondervangen in het zorgsysteem van Gasunie en de inspectie daarop door de overheid; in overleg met het ministerie van VROM wordt falen door corrosie daarom niet meegenomen bij de bepaling van de faalfrequentie van de leidingen.

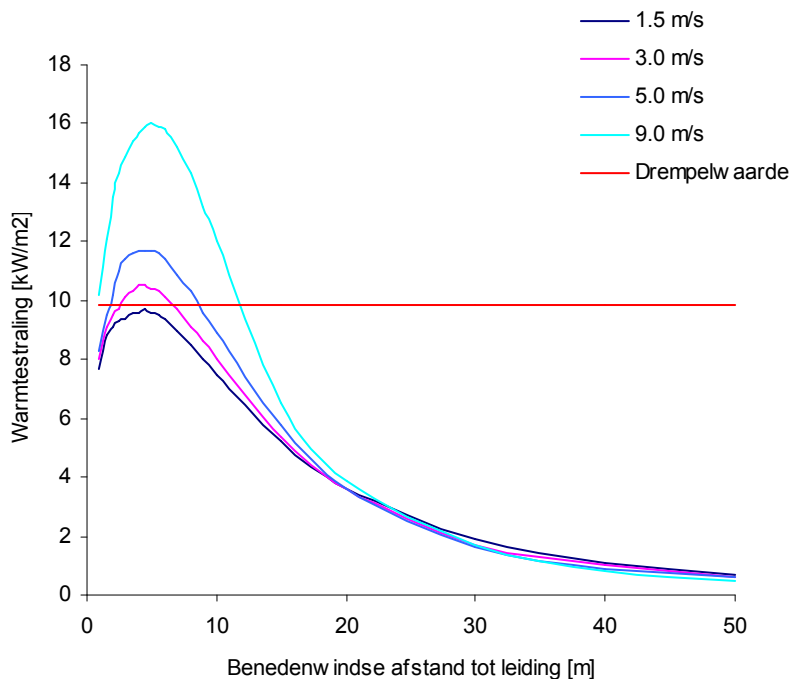
In de faalfrequentie berekeningen wordt daarom alleen rekening gehouden met schade door derden als faaloorzaak. Voor meer details omtrent de faalfrequentieberekeningen wordt verwezen naar Bijlage A.

### 4.2 Faalscenario's

Hoewel de frequentie van falen als lek groter is dan de breukfrequentie, is de uitstroom verwaarloosbaar klein ten opzichte van de uitstroom behorend bij een breuk. Deze conclusie geldt ook voor het warmtestralingsprofiel. Ter illustratie zijn in Figuur 2 de benedenwindse warmtestralingsprofielen weergegeven voor een lek van 20 mm in een 80 bar leiding behorend bij de in [3] gespecificeerde windsnelheden van 1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s. De profielen zijn bepaald met behulp van PIPESAFE.

---

<sup>3</sup> SCC (Stress Corrosion Cracking) wordt veroorzaakt door spanningen. De trekspanningen leiden tot het optreden van kleine scheurtjes in het materiaal. Deze vorm van corrosie kan leiden tot het falen van leidingen als breuk, terwijl de overige corrosietypen veelal alleen lekkages veroorzaken.



*Figuur 2: Benedenwindse warmtestralingprofielen bij een lek van 20 mm in een 80 bar leiding en windsnelheden van 1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s.*

Uit bovenstaande figuur is af te leiden dat de benedenwindse warmtestralingprofielen behorend bij 1.5, 3, 5 en 9 m/s de drempelwaarde van  $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  weliswaar overschrijden<sup>4</sup>, maar vanaf een afstand van ongeveer 15 meter van het lek onder de in [3] gespecificeerde drempelwaarde blijven. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het risico behorend bij een lek met een diameter van 20 mm verwaarloosbaar is.

Derhalve wordt bij ondergrondse leidingen alleen gerekend met het breukscenario dat resulteert in tweezijdige verticale uitstroming.

---

<sup>4</sup> Volgens CPR-18E dienen risicoberekeningen te worden uitgevoerd tot op 1% letaliteit. Met de methodologie uit CPR-18E komt dit overeen met een warmtestraling van  $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Deze waarde kan derhalve als een drempelwaarde worden gezien.

## 5 FAALFREQUENTIEBEREKENING

### 5.1 Faalfrequentie

De faalfrequentie voor schade door derden wordt berekend met behulp van PIPESAFE. Voor de parameters wordt verwezen naar [11], meer details zijn beschreven in Bijlage A.

### 5.2 Ontstekingskans

In de berekeningen is uitgegaan van een diameter en druk afhankelijke ontstekingskans. Voor de betrokken leiding is deze gelijk aan 0.8. Daarmee wordt de totale frequentie van falen met ontsteking voor een individuele leiding gegeven door

$$FF_{tot} = ff_{EI} \cdot P_{ign}$$

waarin  $FF_{tot}$  de totale faalfrequentie met ontsteking is,  $ff_{EI}$  de faalfrequentie als gevolg van schade door derden en  $P_{ign}$  de kans op ontsteking.

### 5.3 Ontstekingstijdstip

In de (plaatsgebonden) risicoberekening wordt ervan uitgegaan dat als de uitstroom van gas ontsteekt, de kans 75% is dat dit direct gebeurt op tijdstip  $t=0$  en de kans 25% is dat ontsteking pas 120 s na het optreden van de breuk plaatsvindt.

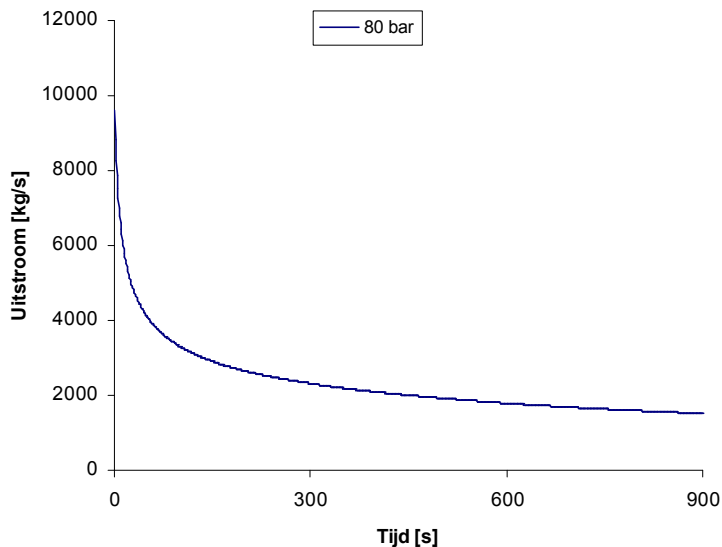


## 6 EFFECTBEREKENINGEN

Indien in een leiding een lek of breuk optreedt, zal dit direct resulteren in uitstroom van gas. Het vrijkomende debiet hangt af van de diameter en druk van de leiding. Omdat aardgas niet toxisch is, is het vrijkomen van aardgas op zich geen probleem. Echter, warmtestraling bij ontsteking van een gas-lucht mengsel kan letale gevolgen hebben. De uitstroom- en warmtestralingberekeningen zijn uitgevoerd met PIPESAFE.

### 6.1 Uitstroom

Voor de uitstroomberekeningen is de uitstroommodule PBREAK uit PIPESAFE gebruikt. De bepaling van de daadwerkelijke uitstroming is in feite gebaseerd op de behoudswetten voor massa en impuls die beschreven worden door Navier Stokes vergelijkingen. De tijdsafhankelijke uitstroming voor een 36" leiding op 80 bar is weergegeven in Figuur 3.



*Figuur 3: Tijdsafhankelijk uitstroomprofiel bij breuk van een 36" leiding op 80 bar.*

Conform CPR-18E [3] en in aansluiting op [8] is in de risicoberekeningen uitgegaan van een blootstellingduur van 20 seconden en over deze periode een tijdsgemiddelde (en dus constante) uitstroom. Voor directe ontsteking wordt uitgegaan van de gemiddelde uitstroom tussen 0 s en 20 s en voor vertraagde ontsteking wordt uitgegaan van de gemiddelde uitstroom tussen 120 s en 140 s.

Voor de 36" leiding opererend op een druk van 80 bar is de tijdsgemiddelde uitstroom over de eerste 20 s gelijk aan ruim  $6900 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  (voor een lek van 20 mm is de uitstroom nog geen

4 kg·s<sup>-1</sup>). De tijdsgemiddelde uitstroom voor dezelfde leiding tussen 120 en 140 s is bij 80 bar druk gedaald tot 1800 kg·s<sup>-1</sup>.

## 6.2 Warmtestraling

Indien een uitstroom van gas ontsteekt, zal dit resulteren in warmtestraling. Bij ondergrondse breuken resulteert dit in een verticaal gerichte fakkelbrand. Hierdoor ontstaan warmtestralingcontouren waarvan de vorm hoofdzakelijk afhangt van de diameter, de operationele leidingdruk en de heersende windrichting. Deze fakkelbrand is gemodelleerd met CRISTAL. CRISTAL is een module in PIPESAFE die gebouwd is om het warmtestralingsprofiel bij een fakkelbrand van een ondergrondse gastransportleiding te voorspellen, waarbij rekening wordt gehouden met de vorming van een krater en de invloed daarvan.

## 6.3 Letaliteit

Schade door warmtestraling wordt conform het zogenaamde Groene Boek [8] bepaald door de 'dosis' die een persoon ontvangt. Gegeven een ruimte- en tijdsafhankelijke straling  $Q(x,y,z,t)$ , uitgedrukt in [kW·m<sup>-2</sup>], wordt de dosis in het algemeen berekend met de formule

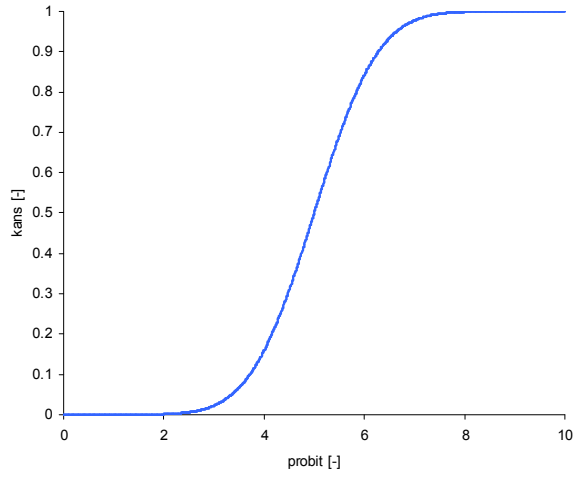
$$Dosis = \int_{T_0}^{T_1} Q(x,y,z,t)^{4/3} dt$$

waarin  $T_0$  het tijdstip van ontsteking is en  $T_1 - T_0$  de blootstellingduur. In het specifieke geval, waarin de tijdsvariabele uit de warmtestraling is geïntegreerd en gerekend wordt met een blootstelling van 20 s, reduceert de formule voor de dosis tot  $Dosis = Q(x,y,z)^{4/3} \cdot 20$

Het effect van warmtestraling wordt vervolgens bepaald met behulp van de zogenaamde probitfunctie. Deze probitfunctie, die afhankelijk is van de dosis, is in feite een hulpvariabele waarmee uiteindelijk de kans op overlijden ten gevolge van warmtestraling kan worden berekend. Voor verbranding van koolwaterstoffen (waaronder aardgas, dat immers voor een groot gedeelte uit methaan bestaat) wordt de probitfunctie gedefinieerd door

$$probit = -12.8 + 2.56 \cdot \ln(Dosis).$$

Gegeven nu een waarde *probit* van de probitfunctie, wordt de bijbehorende kans op overlijden bepaald door de uitdrukking  $P(X \leq probit)$ , waarin  $X$  een normaal verdeelde stochast is met gemiddelde 5 en standaarddeviatie 1 (zie Figuur 4).



*Figuur 4: Kans op overlijden als functie van de probit.*

## 7 RISICOBEREKENINGEN

Zowel het plaatsgebonden risico (PR) als het groepsrisico (GR) zijn berekend volgens de methodologie in CPR-18E [3]. In alle uitgevoerde risicoberekeningen zijn de voorgeschreven windsnelheden (1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s) met bijbehorende windrozen verdisconteerd.

### 7.1 Plaatsgebonden risico

Voor het leidingtracé wordt het plaatsgebonden risico gepresenteerd als functie van de afstand tot de leiding en wordt in feite bepaald door het product van de faalfrequentie met het effect van falen te integreren over het leidingtracé. De berekeningen zijn uitgevoerd onder de aanname van een oneindig lange leiding met op die leiding constante leidingparameters zoals opgenomen in sectie 3.2, waarbij de interactielengte van de leiding bepaald is conform CPR-18E (risicoberekeningen dienen te worden uitgevoerd tot op 1% letaliteit).

Verder zijn de volgende aannames gebruikt:

- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd met een factor 2.5 als gevolg van een wettelijke grondroerdersregeling;
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd voor recent ingevoerde maatregelen (factor 1.2) en een dalende trend in leidingbreuken (factor 2.8) [12];

## 7.2 Groepsrisico

Ter bepaling van het groepsrisico, spelen de 35 kW/m<sup>2</sup> warmtestralingcontour en de 10 kW/m<sup>2</sup> warmtestralingcontour een cruciale rol. Binnen de 35 kW/m<sup>2</sup> warmtestralingcontour is in de richtlijnen opgenomen dat alle aanwezigen (zowel binnens- als buitenshuis) overlijden. In de ring tussen de 35 kW/m<sup>2</sup> warmtestralingcontour en 10 kW/m<sup>2</sup> warmtestralingcontour geldt een afnemende letaliteit, naarmate de afstand tot de falende component toeneemt. Ook overlijden in dit gebied alleen mensen die buitenshuis zijn en worden deze mensen bovendien in bepaalde mate beschermd door het dragen van kleding.

De voor de berekening relevante parameters zijn gehaald uit onder meer [13] en samengevat in onderstaande tabel.

	Dag	Nacht	Bron
Aantal uren van een etmaal	10,5	13,5	[3]
Percentage personen buiten	7%	1%	[3]
Percentage bewoners aanwezig			
Patiënten in 'Z'-object	100%	100%	[13]
Leerlingen in 'O'-object	100%	0%	[13]
Recreanten in 'R'-object	0%	100%	[13]
Overig (betreft met name woningen)	70%	100%	[3]
Percentage werknemers aanwezig			
Werknemers in 'Z'-object	90%	10%	[13]
Werknemers in 'O'-object	100%	0%	[13]
Werknemers in 'R'-object	50%	50%	[13]
Overig (betreft met name woningen)	100%	0%	[3]
Beschermende factor dragen kleding	0,14	0,14	[3]

Tabel 4: Uitgangspunten groepsrisicoberekeningen.

Het groepsrisico wordt gepresenteerd in de vorm van een FN-curve. Een FN-curve is in feite een dubbellogaritmische grafiek met op de horizontale as het aantal dodelijke slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve kansen per jaar op tenminste dat aantal slachtoffers.

FN-curves voor leidingen worden bepaald voor segmenten van 1 kilometer lengte. Bij leidingen die langer zijn dan 1 kilometer is het probleem hierbij dat segment te vinden dat aanleiding geeft tot de worst case FN-curve. Daarom wordt voor de leidingen per stationing

de overschrijdingswaarde van het groepsrisico weergegeven. Deze is berekend door rondom elk punt op de leiding een kilometer segment te kiezen, die gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding is een FN-curve berekend en voor deze FN-curve de overschrijdingsfactor. De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatie waarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatie waarde wordt genaderd of overschreden.

De volgende aannames zijn gehanteerd:

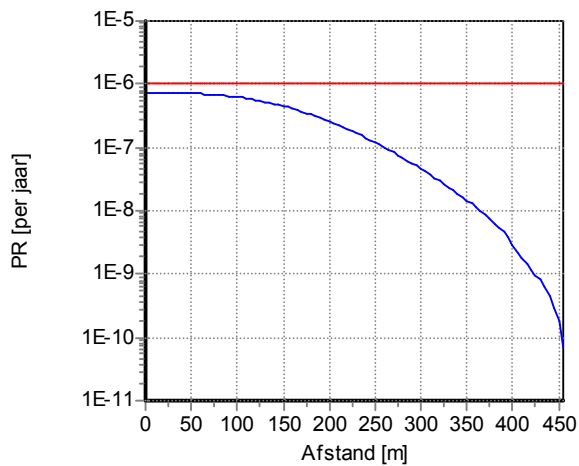
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd met een factor 2.5 als gevolg van een wettelijke grondroerdersregeling;
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd voor recent ingevoerde maatregelen (factor 1.2) en een dalende trend in leidingbreuken (factor 2.8) [12];
- Van de in het Paarse Boek vermelde windrozen wordt de dichtstbijzijnde gebruikt voor de berekening. Dit is de windroos van Twente;

## 8 RESULTATEN

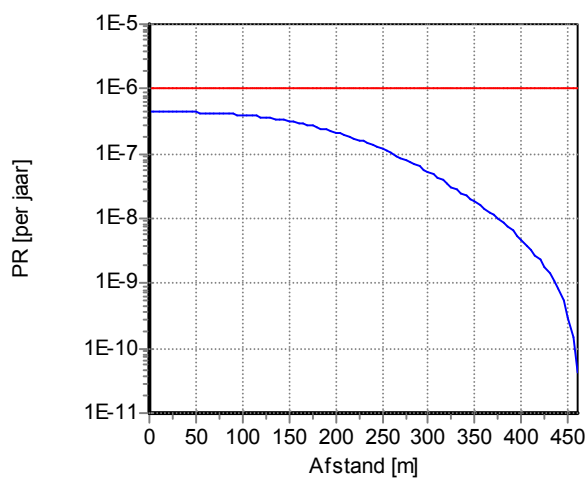
In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de verschillende uitgevoerde berekeningen en analyses.

### 8.1 Plaatsgebonden risico

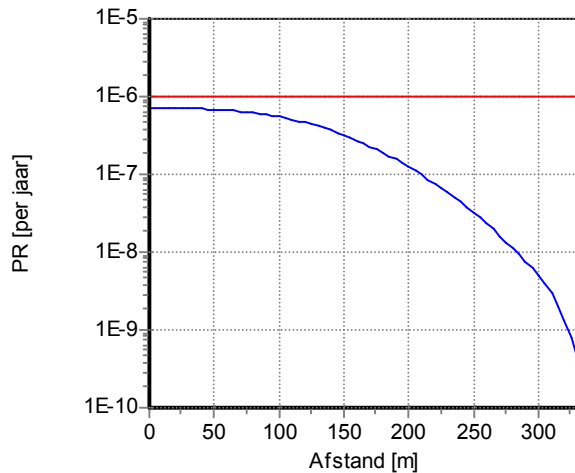
Het plaatsgebonden risico van de in Tabel 2 vermelde leidingdelen van de A-670 met bijbehorende parametrisering is gepresenteerd in Figuur 5 tot en met Figuur 7.



*Figuur 5 Resultaten PR-berekening A-670 (30") stationing 0 t/m 14889.9, zoals gespecificeerd in Tabel 2. De PR  $10^{-6}$  jaar<sup>-1</sup> afstand is 0 m.*



*Figuur 6 Resultaten PR-berekening A-670 (36") stationing 14889.9 t/m 27154.2, zoals gespecificeerd in Tabel 2. De PR  $10^{-6}$  jaar<sup>-1</sup> afstand is 0 m.*



Figuur 7 Resultaten PR-berekening A-670 (24") stationing 27154.2 t/m 27673.1, zoals gespecificeerd in Tabel 2. De PR  $10^{-6}$  jaar<sup>-1</sup> afstand is 0 m.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat het plaatsgebonden risico nabij de leiding met parameters zoals gespecificeerd in Tabel 2, lager is dan de door de Nederlandse overheid gestelde maximum waarde van  $10^{-6}$  per jaar. Daarmee voldoet het voorziene leidingontwerp aan de regelgeving omtrent het plaatsgebonden risico.

## 8.2 Groepsrisico

### 8.2.1 Groepsrisicoscreening

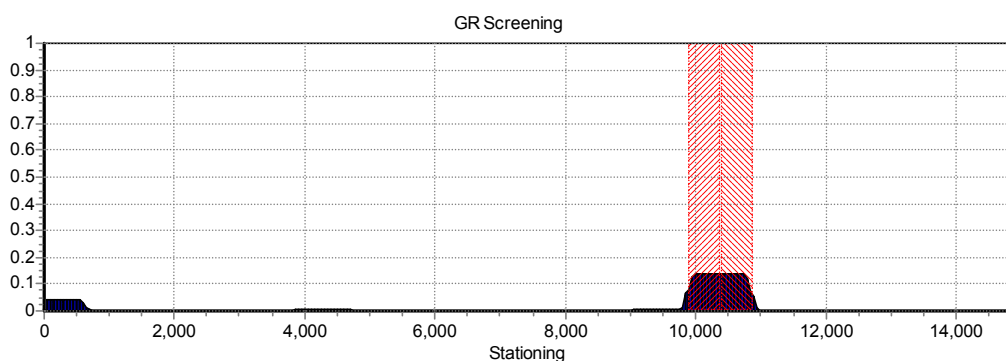
Voor de leidingen wordt per stationing de overschrijdingswaarde van het groepsrisico weergegeven. Deze is berekend door rondom elk punt op de leiding een kilometer segment te kiezen, die gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding is een FN-curve berekend en voor deze FN-curve de overschrijdingsfactor. De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatie waarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatie waarde wordt genaderd of overschreden. Een overschrijdingsfactor kleiner dan één geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatie waarde blijft. Bij een waarde van één zal de FN-curve de oriëntatie waarde raken. Bij een waarde groter dan één wordt de oriëntatie waarde overschreden. Deze overschrijdingsfactor is vervolgens tegen de stationing uitgezet in een grafiek.

De berekening is uitgevoerd voor de in Tabel 2 vermelde leidingdelen van de A-670 met bijbehorende parametring. De resultaten voor de situatie met de nieuwe ontwikkelingen

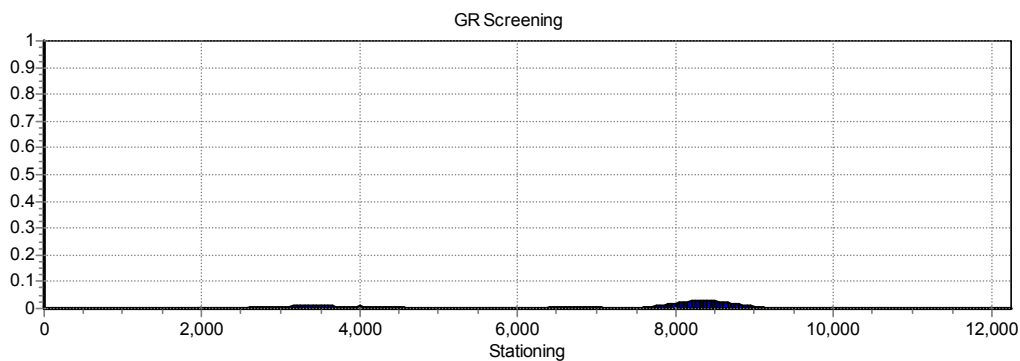


zijn gepresenteerd in Figuur 8 tot en met 10. Voor de bestaande situatie zijn de resultaten gepresenteerd in Figuur 11 tot en met 13.

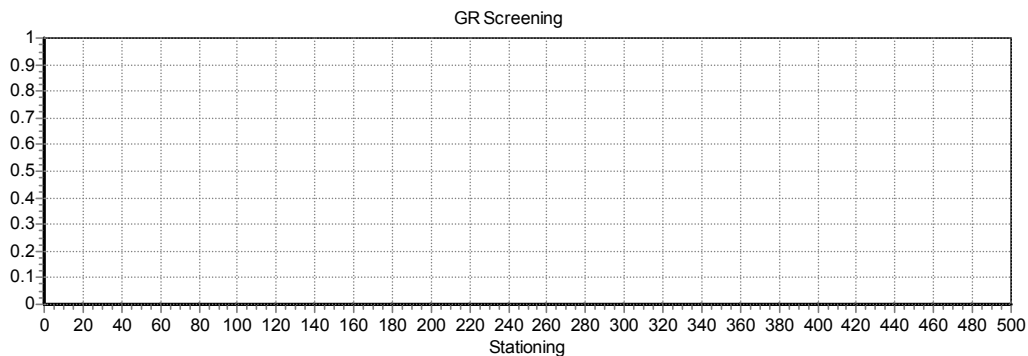
*Opmerking: onder “bestaande situatie” wordt verstaan de nu aanwezige bevolkingsaantallen in relatie tot de nog aan te leggen leiding. Bij de “nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen” wordt naast de bestaande situatie ook rekening gehouden met de bevolkingsaantallen als gevolg van de in bijlage B beschreven toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen.*



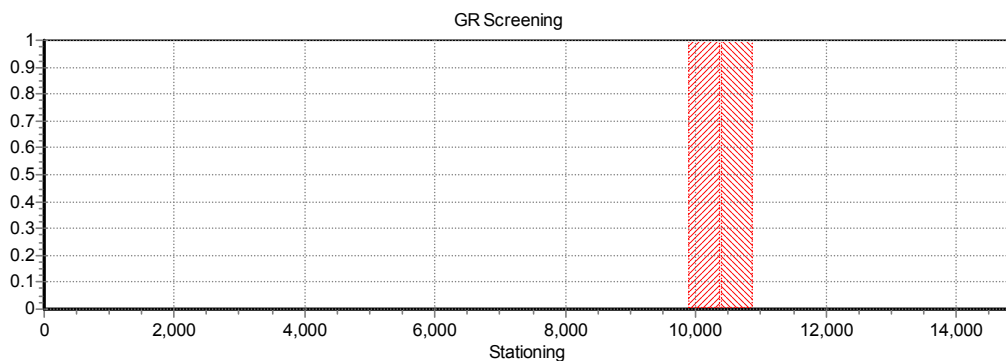
*Figuur 8: Groepsrisicoscreening van de A-670 (30”) stationing 0 t/m 14842.4, situatie met nieuwe ontwikkelingen. Het rood gearceerde deel geeft de kilometer leiding aan met de hoogste overschrijdingsfactor.*



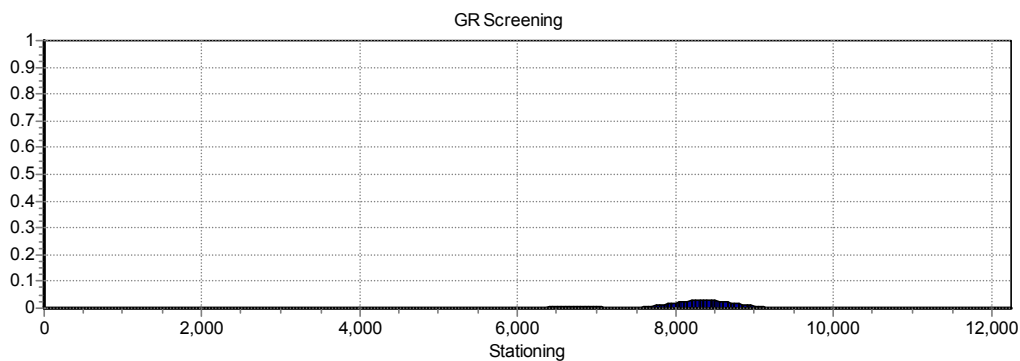
*Figuur 9: Groepsrisicoscreening van de A-670 (36”) stationing 14842.4 t/m 27091.5, situatie met nieuwe ontwikkelingen.*



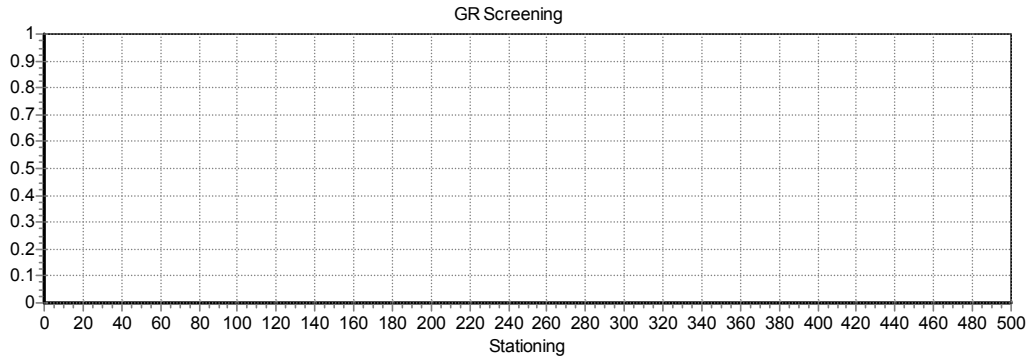
*Figuur 10: Groepsrisicoscreening van de A-670 (24") stationing 27091.5 t/m – 27591.5, situatie inclusief nieuwe ontwikkelingen.*



*Figuur 11: Groepsrisicoscreening van de A-670(30") stationing 0 t/m 14842.4, bestaande situatie. Het rood gearceerde deel geeft de kilometer leiding aan met de hoogste overschrijdingsfactor in zowel de huidige situatie als na realisatie van de nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen.*



*Figuur 12: Groepsrisicoscreening van de A-670(36") stationing 14842.4 t/m 27091.5, bestaande situatie.*

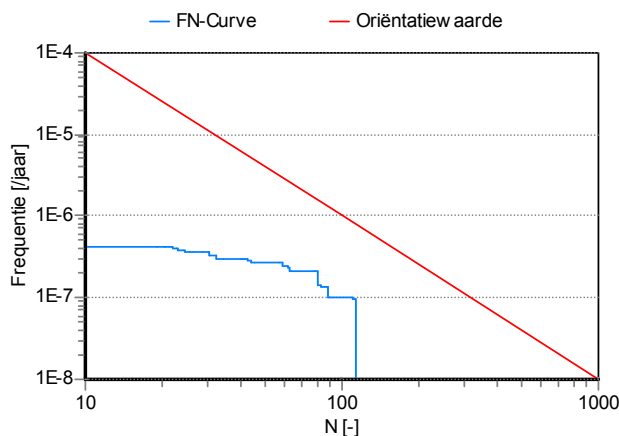


*Figuur 13: Groepsrisicoscreening van de A-670(24") stationing 27091.5 t/m – 27591.5, bestaande situatie.*

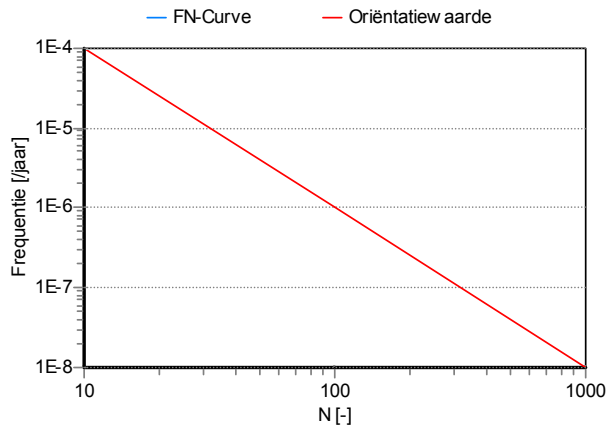
Uit Figuur 8 tot en met 13 is af te leiden dat de A-670 voldoet aan de oriëntatie waarde voor het groepsrisico, zowel in de bestaande situatie als in de toekomstige situatie waarin rekening is gehouden met geplande ruimtelijke ontwikkelingen.

### 8.2.2 FN-Curves

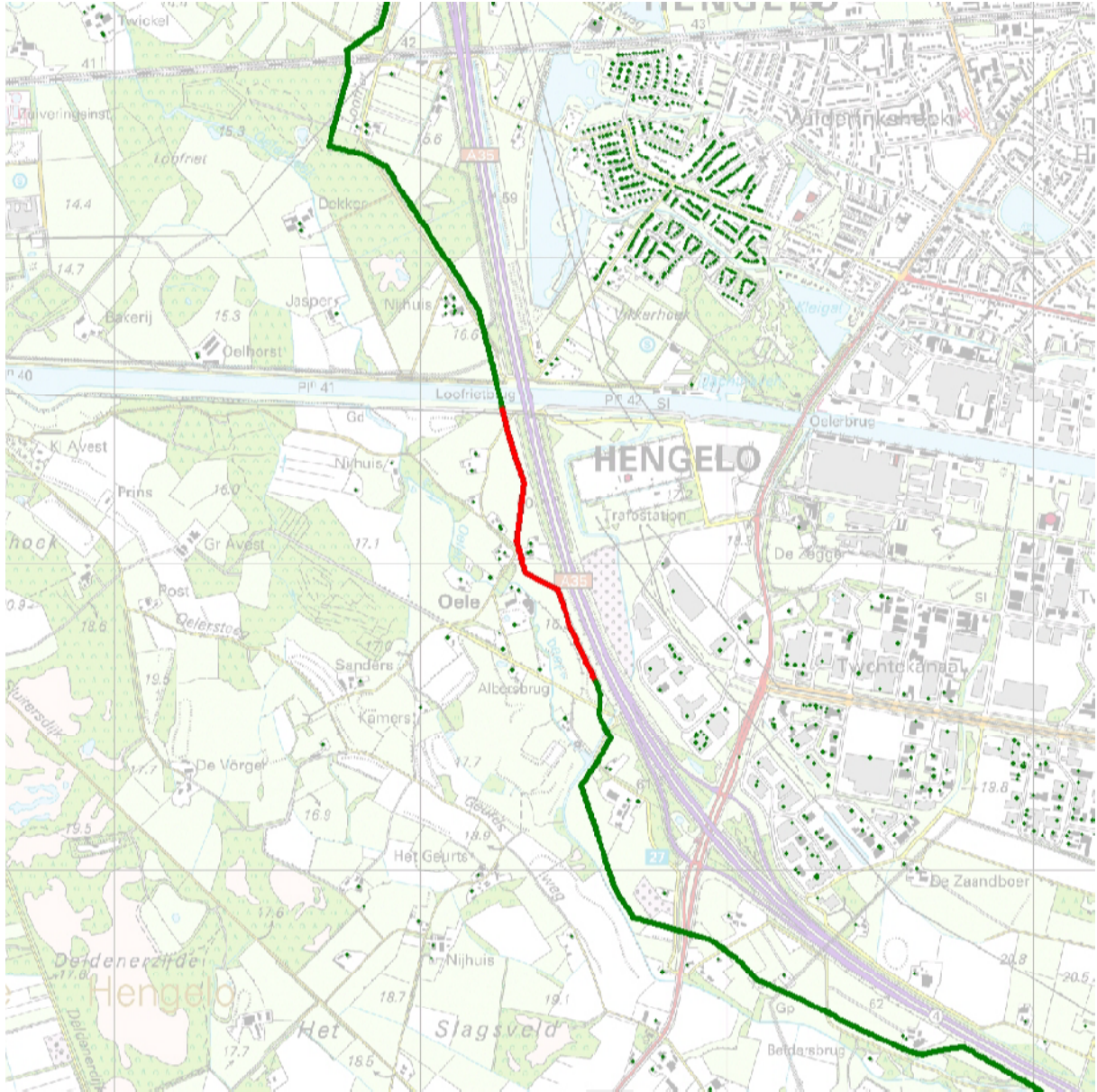
Voor de A-670 zijn FN-curves berekend voor de kilometer die de hoogste overschrijdingsfactor geeft, zowel in de toekomstige situatie (Figuur 14) na totstandkoming van de geplande ruimtelijke ontwikkelingen, als in de huidige situatie (Figuur 15). In de GR screenings van Figuur 9 en Figuur 12 is deze kilometer rood gearceerd. Tevens is in Figuur 16 op de kaart gevisualiseerd waar deze kilometer zich op het traject van de A-670 bevindt.



*Figuur 14: FN-curve van de 1 km leiding van de A-670(30") met de hoogste overschrijdingsfactor, na realisatie van de nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen. De overschrijdingsfactor is 0,14.*



Figuur 15: FN-curve van de 1 km leiding van de A-670(36") met de hoogste overschrijdingsfactor in de huidige situatie. De overschrijdingsfactor is 0,00.



Figuur 16: Kilometer van de A-670(36") met de hoogste overschrijdingsfactor (weergegeven in rood), waarbij rekening is gehouden met de nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen.

## 9 CONCLUSIES

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

Met betrekking tot het plaatsgebonden risico (PR) voldoet het voorziene ontwerp van de leidingen aan de door de Nederlandse overheid gestelde norm van  $PR < 10^{-6}$  per jaar ter plaatse van (beperkt) kwetsbare objecten, zowel t.a.v. de reeds aanwezige kwetsbare objecten als wanneer rekening gehouden wordt met de geplande ruimtelijke ontwikkelingen (bijlage B).

Het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, voldoet, zowel in de huidige situatie als na de voltooiing van geplande ruimtelijke ontwikkeling, aan de oriëntatie waarde voor groepsrisico, zijnde  $F \cdot N^2 < 10^{-2}$  per km per jaar, waarbij  $F$  de frequentie is van een ongeval met  $N$  of meer slachtoffers, zowel t.a.v. de reeds aanwezige bevolking als t.a.v. de bevolking waar in de ruimtelijke plannen (bijlage B) wordt voorzien.

## 10 REFERENTIES

- [1] *Besluit van ....., houdende milieukwaliteitseisen externe veiligheid voor het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen*, Staatscourant 2009 nr. 12819, d.d. 28 augustus 2009, .
- [2] *Circulaire Zonering langs hoge druk aardgastransportleidingen*; ministerie van VROM; 26 november 1984, kenmerk DGMH/B nr. 0104004.
- [3] Committee for the Prevention of Disasters, *Guidelines for Quantitative Risk Assessment CPR 18E*, 1999.
- [4] Acton M.R., Baldwin P.J., Baldwin T.R., Jager E.E.R., *The Development of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, ASME International, Book no. G1075A, 1998.
- [5] Acton M.R., Baldwin P.J., Baldwin T.R., Jager E.E.R., *Recent Developments in the Design and Application of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, IPC02-27196, Calgary, Canada, 2002.
- [6] M.R. Acton, G. Hankinson, B.P. Ashworth, M. Sanai, J.D. Colton, *A Full Scale Experimental Study of Fires following the Rupture of Natural Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, Calgary, ASME International.
- [7] *Toepasbaarheid van PIPESAFE voor risicoberekeningen van aardgas-transportleidingen*, ministerie van VROM, VROM DGM/SVS/2000073018, 10 juli 2000.
- [8] M. Gielisse, M.T. Dröge, G.R. Kuik: *Risicoanalyse aardgastransportleidingen*. Rapport DEI 2008.R.0939.
- [9] Committee for the Prevention of Disasters, *Methods for the determination of possible damage CPR 16E*, 1992.
- [10] Jeroen Zanting, Eric Jager, Robert Kuik, *Gasunie's three step approach in pipeline risk assessment, A Fast, efficient and accurate method of screening a transmission*

*network*, Proceedings of the 27<sup>th</sup> ESReDA seminar, Glasgow, Scotland, November 2004.

- [11] Mirjam van Burgel, *Invoerparameters risico analyse PIPESAFE per 08-11-2006*, Memorandum DET 06.M09.
- [12] Brief van Ministerie van VROM aan N.V. Nederlandse Gasunie, *Risicomethodiek aardgastransportleidingen*, EV/2006.334302, 7 december 2006.
- [13] Post J.G., Kooi E.S., Weijts J., *Ontwikkelingen van het groepsrisico rond Schiphol, 1990 – 2010*, RIVM rapport 620100004, 2005.



## BIJLAGE A FAALFREQUENTIES

### A1 Schade door derden

Veruit de belangrijkste oorzaak van falen van gastransportleidingen is uitwendige beschadiging door derden. Het voorspellen van de faalfrequentie van een leiding door uitwendige beschadiging gebeurt in drie stappen:

- vaststellen van de raakfrequentie;
- bepaling van kans op lekkage als gevolg van een kras en de combinatie kras-deuk;
- bepaling van de uiteindelijke breukfrequentie.

De veronderstelling is dat de raakfrequentie alleen afhangt van de diepteligging [A1, A2, A3]. Een analyse van de bij Gasunie gerapporteerde schades uit de periode 1977 – 2001 heeft geresulteerd in de volgende relatie tussen dekking  $d$  (in m) en raakfrequentie  $f(d)$ :

$$f(d) = e^{-2.4 \cdot d - 3.5} \quad [km^{-1} \cdot jaar^{-1}].$$

Dit betekent dat de raakfrequentie ongeveer een factor 10 kleiner wordt voor elke meter extra gronddekking. Voor meer details omtrent deze analyse wordt verwezen naar [A2].

Het faalfrequentie model FFREQ gebruikt als input inwendige druk, staalsoort, wanddikte, taaiheid van het staal, diameter en diepteligging, en berekent hiermee een lek- en breukfrequentie voor platteland en stedelijke gebieden. Het model is gebaseerd op breukmechanica en Weibull-verdelingen van Britse leidingbeschadigingen door graafwerkzaamheden of andere grondroeractiviteiten. In [A2] staat beschreven hoe de resultaten van FFREQ dienen te worden gecorrigeerd voor diepteligging met bovenstaande vergelijking, zodat de uitkomst consistent wordt met faaldata van Gasunie-leidingen.

In het volgende wordt de procedure uitgelegd waarmee FFREQ faalfrequenties, met een breuk als gevolg, berekent. De achterliggende gedachte bij deze procedure is het bepalen van de kritieke gatgrootte als gevolg van een kras en/of deuk. Ligt een berekende gatgrootte boven de kritieke waarde, dan faalt de leiding als breuk. Hierbij dient te worden opgemerkt dat FFREQ aanneemt dat kraslengte en krasdiepte onafhankelijk zijn. In werkelijkheid is het waarschijnlijk dat er enige correlatie is tussen diepte en lengte van een kras.

De diepte van een kras,  $d$ , die nodig is om een leiding te laten falen wordt gegeven door de vergelijking

$$d = t \frac{1.15 - \sigma_f / \sigma_{SMYS}}{1.15 - \sigma_f / (M \sigma_{SMYS})},$$

waarin  $t$  de wanddikte,  $\sigma_f$  de faalwaarde van de ringspanning,  $\sigma_{SMYS}$  de vloeispanning en  $M$  de Folias factor. Deze Folias factor wordt gedefinieerd door

$$M = \sqrt{1 + 0.26 \left( \frac{L^2}{Rt} \right)},$$

met  $L$  de kraslengte, en  $R$  de straal van de leiding. De kritieke kraslengte wordt gevonden uit de vergelijking  $\sigma_f / \sigma_{SMYS} = 1.15 \cdot M^{-1}$ . De stappen die nu in FFREQ worden ondernomen om de breukkans middels een kras te berekenen, zijn:

1. Bepaal de kritieke lengte  $L_{crit}$ . Krassen met lengte groter gelijk deze kritieke lengte kunnen resulteren in een leidingbreuk; krassen met een kortere lengte kunnen slechts resulteren in een lek.
2. Maak een partitie van het interval  $(L_{crit}, L_{max})$ , waarbij  $L_{max}$  de maximaal voorkomende lengte van een kras is.
3. Bepaal de kans op een kraslengte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde lengte.
4. Gebruik de vergelijking voor  $d$  om de krasdiepte te bepalen die, in combinatie met deze eerste gemiddelde kraslengte, tot falen leidt.
5. Bereken de kans op zo'n krasdiepte en bereken de faalkans van de leiding met een kras met deze afmeting.

De breukkans middels een kras,  $P_{gouge}$ , wordt nu verkregen door de stappen 3 tot en met 5 te herhalen voor elk interval waaruit de partitie van  $(L_{crit}, L_{max})$  bestaat en de bijbehorende faalkansen op te tellen. De kraslengte en krasdiepte worden verondersteld Weibull verdeeld te zijn.

Echter een breuk kan ook ontstaan door de combinatie kras/deuk. Op een soortgelijke manier als bij krassen kan de diepte van een deuk die, in combinatie met de diepte van een kras, nodig is om een leiding te laten falen, worden afgeleid uit de vergelijking voor het falen van een leiding door de combinatie kras-deuk. Deze diepte van de deuk (aangegeven met  $D$ ) is onder andere afhankelijk van de krasdiepte en de kerfslagwaarde. Middels een Folias factor kan ook hier weer de kritieke lengte  $L_{crit}$  voor krassen worden bepaald. De stappen die nu in FFREQ worden ondernomen om de breukkans middels de combinatie kras-deuk te berekenen, zijn:

1. Bepaal de kritieke lengte  $L_{crit}$ . Krassen met lengte groter gelijk deze kritieke lengte kunnen resulteren in een leidingbreuk.
2. Maak een partitie van het interval  $(L_{crit}, L_{max})$ , waarin  $L_{max}$  de maximaal voorkomende lengte van een kras is.
3. Bepaal de kans op een kraslengte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde lengte.
4. Gebruik de vergelijking voor  $d$  om de krasdiepte te bepalen die, in combinatie met deze eerste gemiddelde kraslengte en afwezigheid van een deuk, tot falen leidt. Geef deze lengte de naam  $d_{max}$ .
5. Maak een partitie van het interval  $(0, d_{max})$ .
6. Bepaal de kans op een krasdiepte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde krasdiepte.
7. Bereken de diepte van de deuk uit een vergelijking voor  $D$  bij deze eerste gemiddelde krasdiepte en bepaal de kans op deze diepte.
8. Bereken de faalkans van de leiding met een combinatie kras-deuk met deze afmetingen.
9. Herhaal de stappen 6 tot en met 8 voor elk interval waaruit de partitie van  $(0, d_{max})$  bestaat.

De breukkans middels de combinatie kras-deuk,  $P_{gouge-dent}$ , wordt nu verkregen door de stappen 3 tot en met 9 te herhalen voor elk interval waaruit de partitie van  $(L_{crit}, L_{max})$  bestaat en de bijbehorende faalkansen op te tellen.

De uiteindelijke breukfrequentie van de leiding veroorzaakt door derden, wordt nu gegeven door

$$F = F_{gouge} P_{gouge} + F_{gouge-dent} P_{gouge-dent}$$

waarin  $F_{gouge}$  de frequentie van krasincidenten en  $F_{gouge-dent}$  de frequentie van kras-deuk incidenten.

## A2 Referenties

- [A1] Eric Jager, Fenna Noltes, Gerard Stallenberg, Alida Zwaagstra: *Assessing the Integrity of a Pipeline System by using an Accident Database and Statistical Analysis*, ESReDA Antwerp, 1998.
- [A2] Eric Jager, Robert Kuik, Gerard Stallenberg, Jeroen Zanting: *A Qualitative Risk Assessment of the Gastransport Services Pipeline System Network Based on GIS Data*, ICT, Prague, 2002.
- [A3] Eric Jager, Robert Kuik, Gerard Stallenberg, Jeroen Zanting: *The Influence of Land Use and Depth of Cover on the Failure Rate of Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, Calgary, Canada, 2002.
- [A4] EGIG, 5<sup>th</sup> EGIG report 1970 – 2001, 2002.

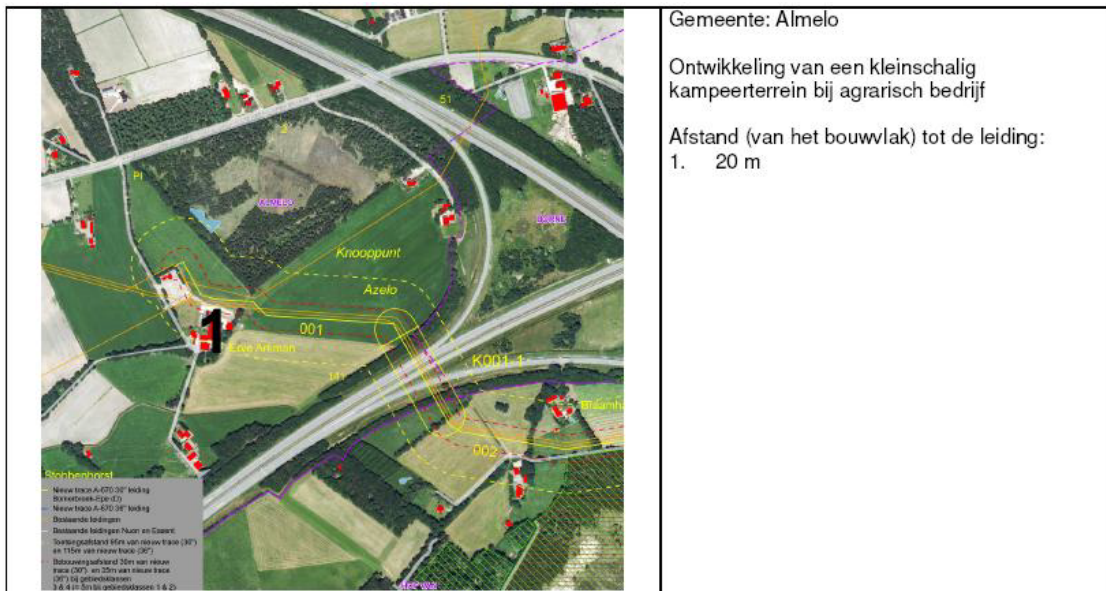
## BIJLAGE B GEPLANEDE RUIMTELIJKE ONTWIKKELINGEN

### B1 Ontwikkelingen in de gemeente Almelo

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging negen verschillende ontwikkelingen mogelijk. Deze ontwikkelingen hebben verschillende invloed op het groepsrisico. Het is onwaarschijnlijk dat er meer dan één ontwikkeling plaatsvindt op het agrarisch bedrijf in de nabijheid van de gasleiding.

De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een kleinschalig kampeerterrein (25 kampeerplaatsen) bij het agrarisch bedrijf. Deze ontwikkeling is meegenomen in de berekening.

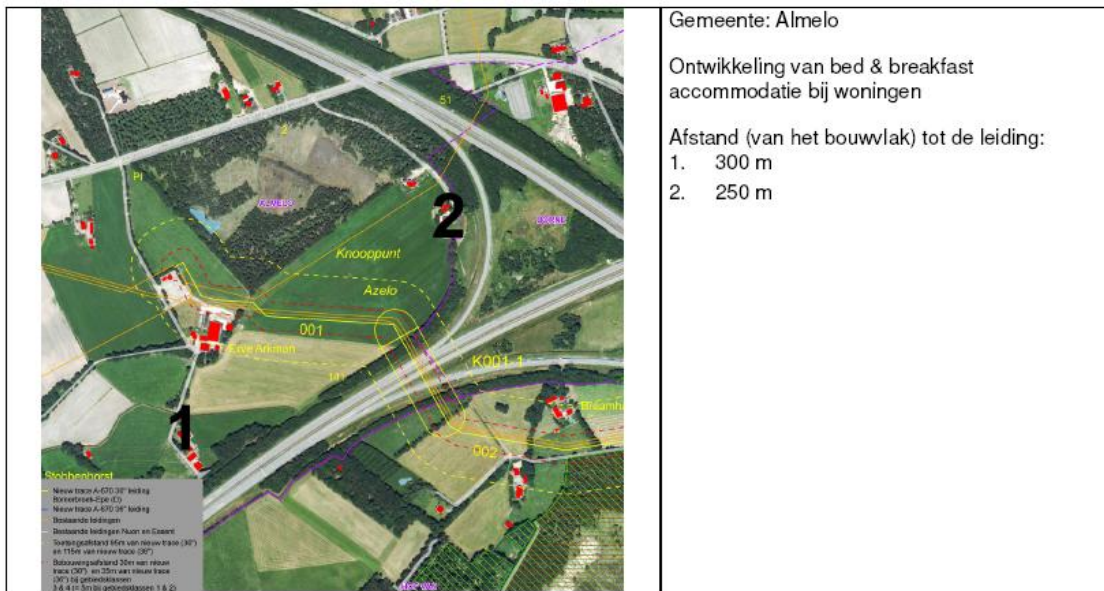
Er is aangenomen dat er 87 personen aanwezig zijn op het kampeerterrein. BügelHajema Adviseurs heeft aangegeven dat deze personen van 15 maart tot 31 oktober aanwezig zijn. In de groepsrisicoberekening is echter aangenomen dat deze personen het hele jaar aanwezig zijn. Dit levert een overschatting van het groepsrisico op. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 17.



*Figuur 17 Plaats vestiging van een kleinschalig kampeerterrein in Almelo, met cijfer aangegeven.*

Ten aanzien van bestaande burgerwoningen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging twee ontwikkelingen mogelijk. De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een Bed & Breakfast (B&B). Er is aangegeven dat deze ontwikkeling in hoogstens twee woningen zal plaatsvinden.

Het worst case-geval is dat de B&B gevestigd wordt in de woningen die het dichtst bij de leiding liggen. Deze woningen zijn aangegeven in Figuur 18. Er is aangenomen dat er overdag 4 personen aanwezig zijn in de periode van 15 maart tot 31 oktober.

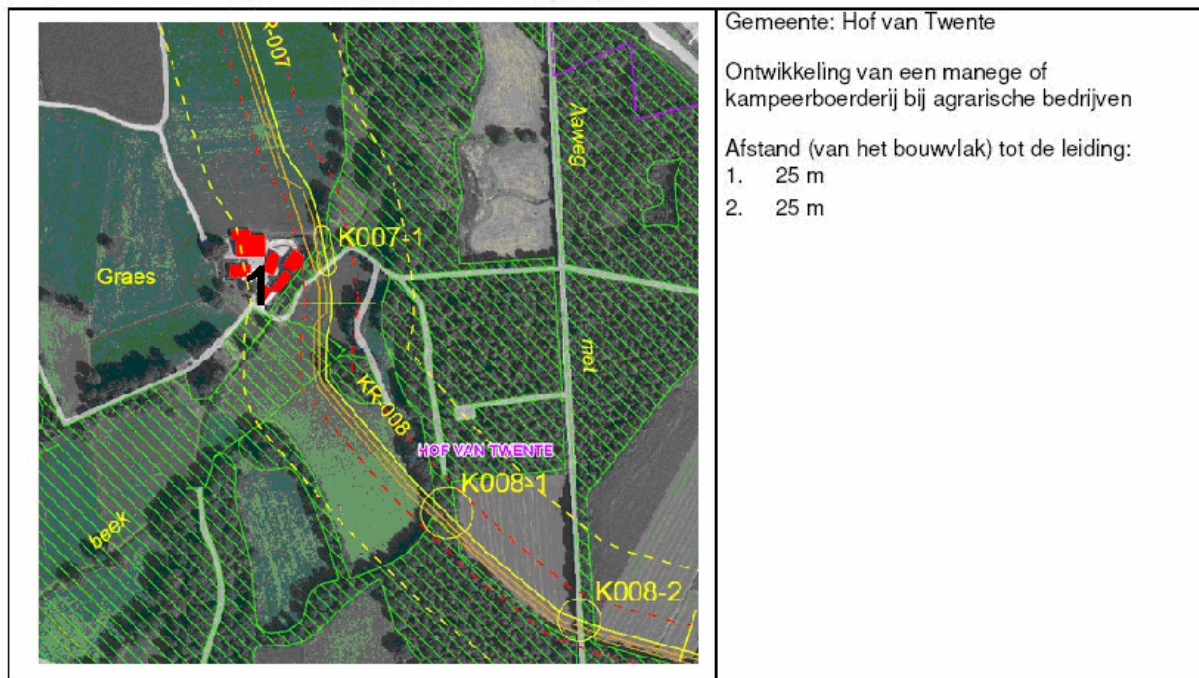


Figuur 18 Plaats vestiging Bed & Breakfast in Almelo, met cijfers aangegeven.

## B2 Ontwikkelingen in de gemeente Hof van Twente

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging zes ontwikkelingen mogelijk. De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een manege of kampeerboerderij. Er is gerekend met het worst case-geval dat deze ontwikkeling plaatsvindt op de twee agrarische bedrijven dichtst bij de leiding. Als gevolg van de ontwikkeling zullen er 25 personen extra aanwezig zijn op ieder agrarisch perceel. In Figuur 19 en Figuur 20 wordt de plaats van deze ontwikkelingen aangegeven.

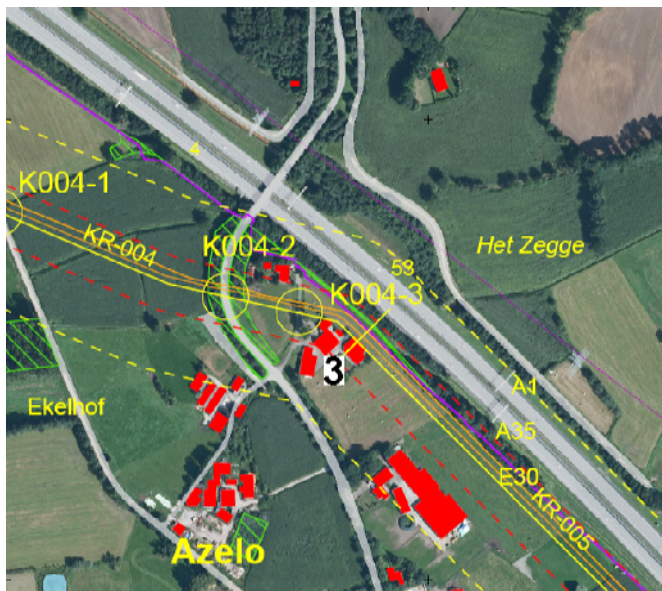
Daarnaast is er een woning gepland aan de Kuipersweg te Azelo. Deze ontwikkeling wordt aangegeven in Figuur 21.



Figuur 19 Plaats vestiging manege of kinderboerderij in Hof van Twente, met cijfer aangegeven.



Figuur 20 Plaats vestiging manege of kinderboerderij in Hof van Twente, met cijfer aangegeven.



*Figuur 21 Plaats nieuwe woning, met cijfer aangegeven.*

### **B3 Ontwikkelingen in de gemeente Borne**

De enige geplande ruimtelijke ontwikkeling in de gemeente Borne die van invloed is op het groepsrisico is de vestiging van een bedrijventerrein. Het plangebied is weergegeven in Figuur 22. Binnen het invloedsgebied van de gastransportleiding bevinden zich 200 personen, van wie er overdag 100% aanwezig zijn en 's nachts 20%.



*Figuur 22 Gepland bedrijventerrein in Borne, aangegeven in rood.*

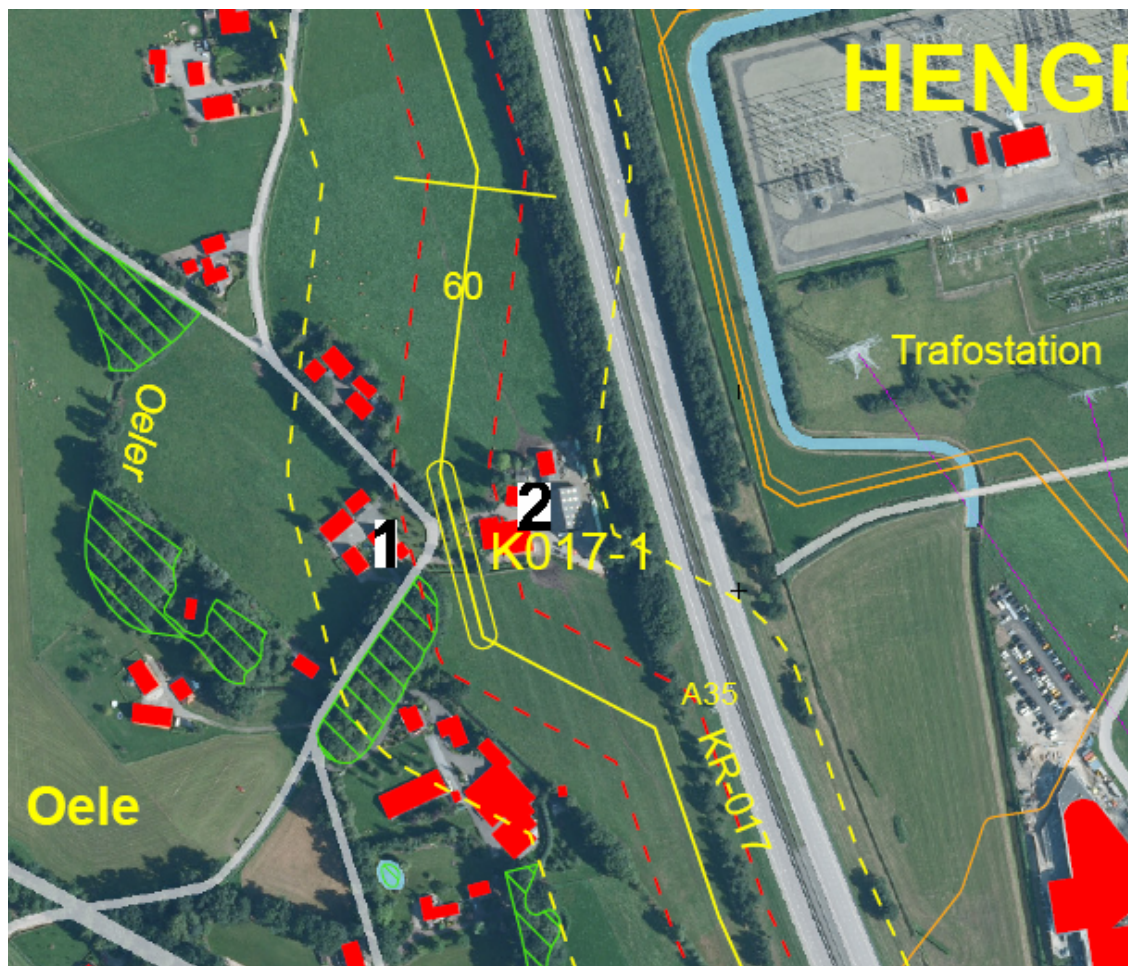


#### **B4 Ontwikkelingen in de gemeente Hengelo**

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging negen verschillende ontwikkelingen mogelijk. Deze ontwikkelingen hebben verschillende invloed op het groepsrisico. Het is onwaarschijnlijk dat er meer dan één ontwikkeling plaatsvindt op het agrarisch bedrijf in de nabijheid van de gasleiding. Er is geen rekening gehouden met de mogelijke vestiging van nieuwe agrarische bedrijven in het gebied, omdat niet te voorzien is waar een nieuw bedrijf gevestigd zal worden.

De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een kleinschalig kampeerterrein (25 kampeerplaatsen) bij het agrarisch bedrijf. Deze ontwikkeling is meegenomen in de berekening.

Er is aangenomen dat er 87 personen aanwezig zijn op het kampeerterrein. BügelHajema Adviseurs heeft aangegeven dat deze personen van 15 maart tot 31 oktober aanwezig zijn. In de groepsrisicoberekening is echter aangenomen dat deze personen het hele jaar aanwezig zijn. Dit levert een overschatting van het groepsrisico op. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 23. Op ieder kampeerterrein zijn 53 personen aanwezig in de tijd van 15 maart tot 31 oktober. Er is echter gerekend met de aanname dat deze personen het hele jaar aanwezig zijn. Dit levert een overschatting van het groepsrisico op.



*Figuur 23 Plaatsen vestiging kleinschalige kampeerterreinen in Hengelo, met cijfers aangegeven.*

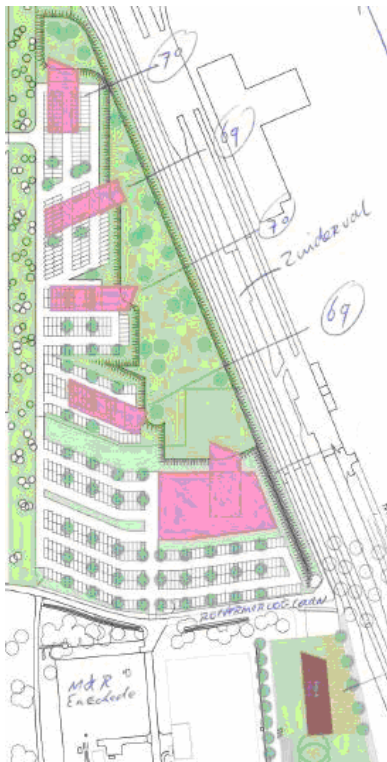
## **B5 Ontwikkelingen in de gemeente Enschede**

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging negen ontwikkelingen mogelijk. De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een manege bij een agrarisch bedrijf. Dit heeft een bevolkingstoename van 25 personen tot gevolg. Er is aangenomen dat er op twee agrarische bedrijven een manege gevestigd kan worden, en dat dit zal plaatsvinden op de agrarische bedrijven dichtst bij de leiding. De plaatsen van de ontwikkeling zijn weergegeven in Figuur 24. Er is geen rekening gehouden met de mogelijke vestiging van nieuwe agrarische bedrijven in het gebied, omdat niet te voorzien is waar een nieuw bedrijf gevestigd zal worden.

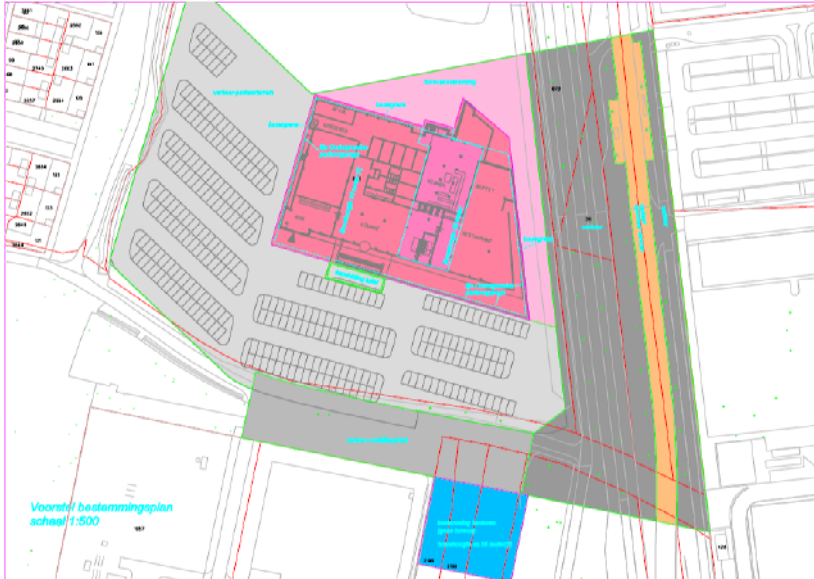


*Figuur 24 Plaatsen vestiging maneges in Enschede, met cijfers aangegeven.*

Ten westen van de Zuiderval in Enschede zijn een kantoorgebouw, een hotel en woningen geprojecteerd. De plaats van deze ontwikkelingen is aangegeven in Figuur 25 en Figuur 26.



*Figuur 25 Ontwikkeling van woningen ten westen van de Zuiderval in Enschede. Aanwezigheidsaantallen zijn aangegeven.*



*Figuur 26 Ontwikkeling van een hotel en een kantoor ten westen van de Zuiderval in Enschede. Het hotel is aangegeven in donkerroze en het kantoor in blauw. Overdag bevinden zich 177 mensen in het hotel, 's nachts 353. Overdag bevinden zich 334 mensen in het kantoor, 's nachts 3.*

Ten oosten van de Zuiderval is ontwikkeling van detailhandel geprojecteerd. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 27. Er is aangegeven dat er binnen het invloedsgebied van de leiding 187 personen aanwezig zijn. Overdag is 80% van deze personen aanwezig, 's nachts 20%.



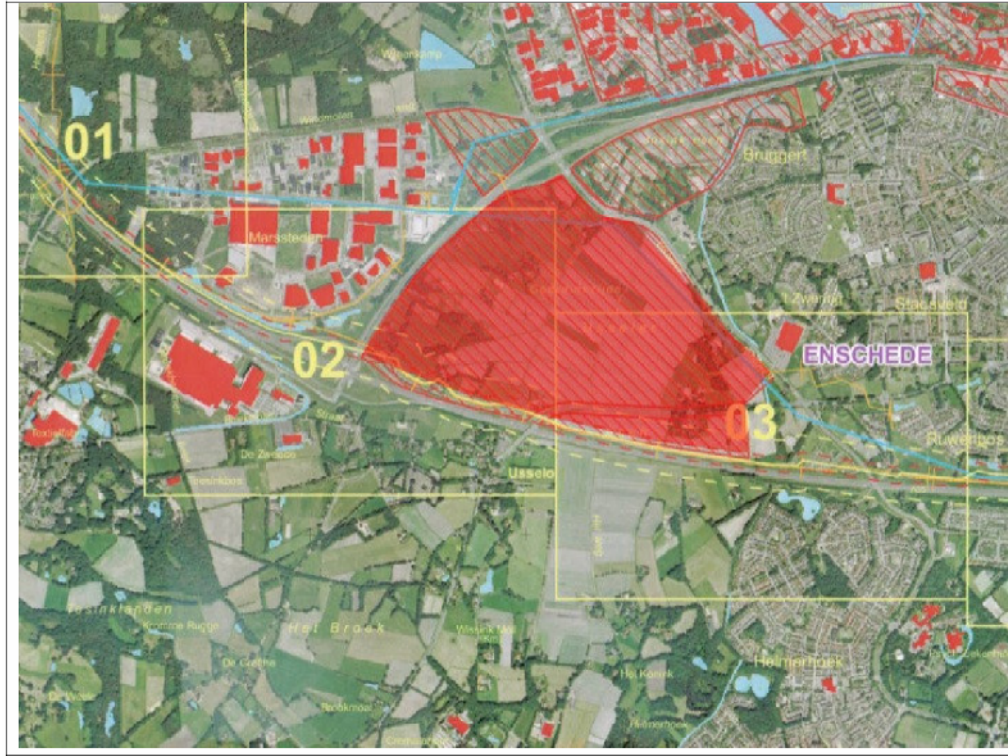
*Figuur 27 Ontwikkeling detailhandel oostelijk van de Zuiderval in Enschede, aangegeven in rood.*

Op het Diekmanterrein staan 40 woningen gepland. Voor deze woningen is het standaardgetal van 2,4 personen per woning aangenomen, van wie overdag 70% aanwezig is en 's nachts 100%. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 28.



*Figuur 28 Geplande woningen op het Diekmanterrein, aangegeven in rood.*

In Figuur 29 wordt de plaats van het geplande bedrijventerrein Usseler Es weergegeven. Binnen het invloedsgebied van de leiding zullen naar verwachting 1500 personen aanwezig zijn. Overdag zal 100% van deze personen aanwezig zijn, 's nachts 20%.



*Figuur 29 Gepland bedrijventerrein Usseler Es, aangegeven in rood.*

## **VERZENDLIJST**

KEMA (Archief, M.T. Dröge)

Gasunie (Archief, P.C.A. Kassenberg, R.R.J. Toxopeus, A.J.J. Kleinenberg)