

2063-38

# Kwantitatieve Risicotoetsing tracé Odiliapeel - Schinnen

Door  
J.L. Bos  
A.D. Bloemsma

Afdeling  
Gasunie Engineering and Technology, DEI  
Rapport  
Kwantitatieve Risicotoetsing tracé Odiliapeel- Schinnen  
Gereed  
9 april 2009  
Samenwerking (co-auteur)  
A. van Vliet (RIVM)  
Datum, versie  
9 april 2009, versie 1.4  
Ons kenmerk  
DET 2008.R.0433  
Status  
Definitief

# 1 Samenvatting

In opdracht van TAM is een risicostudie uitgevoerd voor het zogenaamde Noord-Zuid tracé. Onderdeel van dit tracé is de leiding A-665 waarvan dit rapport de risicostudie betreft. Het deel van het tracé dat dit rapport betreft is de A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194. De risicostudie voor het eerste deel van het tracé van de A-665-KR-001 t/m A-665-KR-031 is beschreven in het rapport Kwantitatieve Risicotoetsing tracé Beuningen – Odiliapeel [16].

De wijzigingen ten opzichte van versie 1.3 van 2 maart 2009 betreffen:

- Aan de groepsrisicoberekeningen zijn de plannen voor bedrijvenstad Fortuna in Sittard, waarvan de precieze invulling nog onbekend is, toegevoegd. Voor het stadion en omgeving wordt als 'worst' case scenario uitgegaan van 5.6 miljoen bezoekers per jaar.
- Aan de groepsrisicoberekeningen is het kinderdagverblijf Upkedupke in Puth, gemeente Schinnen, toegevoegd. Voor het dagverblijf is uitgegaan van een aanwezigheid van twaalf kinderen en twee begeleiders.

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

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd:

Uit de toetsing aan de huidige regelgeving, zijnde de circulaire "Zonering langs hoge druk aardgastransportleidingen" blijkt dat er een drietal locaties zijn waarbij de omgeving wordt ingedeeld in gebiedsklasse 3 of 4, terwijl er zich bebouwing op minder dan 50 meter van de leiding bevindt. Echter, de leiding wordt hier lokaal uitgevoerd met een dikkere wand, waarmee de bebouwingsafstand (eenmalig) kan worden gehalveerd. In dit geval voldoet het tracé aan de vigerende regelgeving.

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.

Met betrekking tot het groepsrisico van de leiding A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194 voldoet het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, 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 dodelijke slachtoffers.

# Inhoud

<b>1 Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Inleiding</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Risicoanalyse</b> .....	<b>6</b>
3.1 Algemeen.....	6
3.2 Toetsingscriteria en regelgeving.....	7
<b>4 Uitgangspunten</b> .....	<b>9</b>
4.1 Atmosferische condities .....	9
4.2 Leidingtracé .....	9
4.3 Aardgassamenstelling .....	12
4.4 Bevolkingsgegevens .....	12
4.4.1 Ontwikkelingen gemeente Sint Anthonis .....	13
4.4.2 Ontwikkelingen gemeente Venray .....	14
4.4.3 Ontwikkelingen Horst aan de Maas.....	14
4.4.4 Ontwikkelingen gemeente Sevenum.....	15
4.4.5 Ontwikkelingen gemeente Maasbree.....	16
4.4.6 Nieuwbouwgegevens gemeente Kessel .....	19
4.4.7 Nieuwbouwgegevens gemeente Venlo .....	20
4.4.8 Nieuwbouwgegevens gemeente Beesel .....	20
4.4.9 Nieuwbouwgegevens gemeente Roermond.....	22
4.4.10 Nieuwbouwgegevens gemeente Roerdalen .....	23
4.4.11 Nieuwbouwgegevens gemeente Echt-Susteren.....	26
4.4.12 Nieuwbouwgegevens gemeente Sittard – Geleen.....	29
4.4.13 Nieuwbouwgegevens gemeente Schinnen.....	34
<b>5 Faalscenario's en faaloorzaken</b> .....	<b>35</b>
5.1 Faaloorzaken .....	35
5.2 Faalscenario's.....	35
5.3 Domino-effecten .....	36
<b>6 Faalfrequentie berekening</b> .....	<b>37</b>
6.1 Ontstekingskans .....	37
6.2 Ontstekingstijdstip .....	37
<b>7 Effectberekeningen</b> .....	<b>38</b>
7.1 Uitstroom.....	38
7.2 Warmtestraling .....	39
7.3 Letaliteit .....	39
<b>8 Risicoberekeningen</b> .....	<b>41</b>
8.1 Plaatsgebonden risico .....	41
8.2 Groepsrisico .....	41
<b>9 Resultaten</b> .....	<b>43</b>
9.1 Toetsing aan huidige zonering .....	43

9.2 Plaatsgebonden risico .....	45
9.3 Groepsrisico .....	46
9.3.1 Screening overschrijding groepsrisico .....	46
9.3.2 FN-curve.....	47
<b>10 Conclusies .....</b>	<b>50</b>
<b>11 Referenties .....</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage A Faalfrequenties .....</b>	<b>53</b>
A1 Schade door derden .....	53
A2 Referenties.....	55
<b>Verzendlijst.....</b>	<b>56</b>

## 2 Inleiding

In dit rapport wordt een analyse gemaakt van de leiding A-665; onderdeel van de zogenaamde Noord-Zuid leidingen die Gasunie overweegt aan te leggen. Dit tracé zal gaan bestaan uit een 48" leiding bedreven op maximaal 80 bar. Het deel van het tracé dat dit rapport betreft is de A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194. De risicostudie voor het eerste deel van het tracé van de A-665 is beschreven in het rapport Kwantitatieve Risicotoetsing tracé Beuningen – Odiliapeel [16].

De bovengenoemde leiding is getoetst aan eisen uit de circulaire VROM [2]. Tevens is het plaatsgebonden risico en groepsrisico getoetst aan de normen die de overheid daarvoor gaat stellen in de nieuwe AMvB Buisleidingen.

De risicostudie in dit rapport is uitgevoerd conform de richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses [3] uitgevoerd met PIPESAFE [4, 5]. PIPESAFE is een softwarepakket voor risicoberekeningen aan aardgastransport, dat door de Nederlandse overheid is goedgekeurd. 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].

## 3 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 op basis van geldende regelgeving, in combinatie met hun kans van optreden, acceptabel zijn.

### 3.1 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 leiding 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 tenminste 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.

### 3.2 Toetsingscriteria en regelgeving

Om te bepalen of de berekende risico's acceptabel zijn, wordt getoetst aan de normen die in een tweetal documenten door de overheid zijn vastgelegd, zijnde de handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen behorende bij de Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [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 48" leiding met een operationele druk van 80 bar geldt een bebouwingsafstand van 50 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).

Meer specifiek refereren gebiedsklassen 1 en 2 aan gebieden met geen of incidentele bebouwing, dan wel gebieden met bijzondere objecten uit categorie II (zoals sporthal, zwembad, weidewinkel en relatief kleine hotels, kantoorgebouwen of industriegebouwen). Gebiedsklasse 3 of 4 wordt toegekend aan gebieden met o.a. woonwijken, flatgebouwen, scholen, ziekenhuizen en grote hotels of kantoorgebouwen. Voor een exacte beschrijving van de gebiedsklasse indeling wordt verwezen naar [2]. De gebiedsklasse dient te worden vastgesteld door een bepaalde strook aan weerszijden van de leiding te beoordelen op bebouwing. Deze strook wordt gedefinieerd door de zogenaamde toetsingsafstand (gemeten vanaf het hart van de leiding). Voor een 48" leiding op 80 bar geldt een toetsingsafstand van 150 meter.

In eerste instantie wordt conform de circulaire gepoogd om de afstand tussen bebouwing en leiding de toetsingsafstand te laten zijn. Hieraan wordt aandacht besteed bij de tracékeuze. De tracélíjn van de nieuw aan te leggen leiding wordt daartoe zoveel mogelijk in landelijk gebied gekozen. Het meest optimale tracé is dan het tracé waar de meeste vrije ruimte langs de leiding bestaat. In Nederland is er echter in een aantal gevallen niet genoeg ruimte om de toetsingsafstand aan te houden.

In ons land wordt nieuwe vervoersinfrastructuur zoveel mogelijk gebundeld. Het voordeel hiervan is zo weinig mogelijk ruimtebeslag. Vanwege dit planologische en economische aspect (bundelingprincipe) kan de tracékeuze conflicteren met het streven van de circulaire om bebouwing buiten de toetsingsafstand van de leiding te houden. Verder is het niet altijd mogelijk om bij kruisingen van lintbebouwing en andere vormen van minder kwetsbare bebouwing de toetsingsafstand aan te houden. Ook in meer dichtbevolkte gebieden is bebouwing binnen de toetsingsafstand in incidentele gevallen niet te voorkomen omdat de bebouwde strook zich over kilometers kan voortzetten.

Derhalve voorziet de circulaire in een gestaffelde benadering van feitelijk na te streven situatie (toetsingsafstand) tot minimaal geëiste situatie (5 meter afstand tot de leiding: de zogenaamde belemmerde strook). Bij een nieuwe leiding in bestaande bebouwde omgeving (of een nieuw bestemmingsplan nabij een bestaande leiding) worden steeds de mogelijkheden voor de meest veilige situatie nagegaan. Als de toetsingsafstand niet haalbaar blijkt, wordt op (kleinere) bebouwingsafstanden getoetst. Voorts is het zo dat in een

---

<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.

bestaande bundel er sprake kan zijn van een in de tijd veranderde omgeving waarbij het bevoegd gezag, gebruik makend van de hiervoor genoemde mogelijkheden die de circulaire biedt, (al dan niet kwetsbare) bestemmingen binnen de toetsingsafstand heeft toegestaan. Dit feit is dan niet alleen aan de orde bij een bestaande leidingbundel, maar juist vanwege het bundelingprincipe, ook bij een nieuw te leggen leiding. Waar kwetsbare bebouwing een feit is vertaald het voorgaande zich dan ook in een toetsing aan bebouwingsafstanden.

In het geval de in eerste instantie aan te houden bebouwingsafstand niet kan worden gerealiseerd wegens knelpuntsituaties ten gevolge van de aard van de bebouwing, kan de afstand worden gehalveerd (zie [2]). Echter, in een dergelijk geval moet de constructiefactor met 0.1 worden verlaagd en moet een risicobeperkende maatregel worden genomen, waarbij gekozen kan worden uit onder andere:

- een gronddekking groter dan of gelijk aan 2 meter gecombineerd met extra markering of bewaking;
- een afdekking met betonplaten op het maaiveld boven de leiding;
- een damwandconstructie naast de leiding;
- het toepassen van materiaal met een hogere gespecificeerde minimum kerftaaiheid.

De constructie van de leiding is tevens afhankelijk van de gebiedsklasse. Doorgaans moet een constructiefactor<sup>2</sup> worden gehanteerd van minimaal 0.72 in gebiedsklasse 1; 0.65 in gebiedsklasse 2; 0.55 in gebiedsklasse 3 en 0.45 in gebiedsklasse 4. Afwijkende ontwerpfactoren worden gebruikt voor kruisingen (met wegen, spoorwegen, kanalen, dijken, etc.)

De handreiking [1] geeft voor nieuwe situaties (hetgeen bij aanleg van nieuwe leidingen het geval is) als norm voor het plaatsgebonden risico:  $PR < 10^{-6}$  jaar<sup>-1</sup> ter plaatse van al dan niet geprojecteerde kwetsbare objecten. In deze studie is daarom naast de toetsing aan de zoneringsafstanden, tevens een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd.

Voor het groepsrisico van ondergrondse gastransportleidingen is een oriëntatie waarde gesteld van  $F \cdot N^2 < 10^{-2}$  km<sup>-1</sup>·jaar<sup>-1</sup>, waarbij  $F$  de frequentie is met  $N$  of meer dodelijke slachtoffers (zie [1]). Met betrekking tot het groepsrisico als gevolg van aardgastransport door buisleidingen zijn in [1] een tweetal vuistregels opgenomen waaraan in eerste instantie gerefereerd kan worden voor het al dan niet uitvoeren van een groepsrisicoberekening. Het wordt echter benadrukt dat deze vuistregels grofstoffelijk zijn en geen rekening houden met details van de situatie die moet worden beoordeeld. Bij iedere toepassing van de vuistregels dient de gebruiker zich goed rekenschap te geven van de beperkingen. Ter voorkoming van onduidelijkheden is voor het gehele leidingtracé een screening van het groepsrisico uitgevoerd, zonder eerst te toetsen aan de genoemde vuistregels.

---

<sup>2</sup> De constructiefactor (CF) wordt gedefinieerd door  $CF = \sigma_h / SMYS$ , waarin  $\sigma_h$  de ringspanning en SMYS de minimum rekgrens van het materiaal. De laatste is afhankelijk van staalsoort, terwijl de ringspanning gedefinieerd wordt door  $\sigma_h = p \cdot (D-t) / (2 \cdot t)$ , waarin  $p$  de druk (in N·mm<sup>-2</sup>),  $D$  de diameter (in mm) en  $t$  de wanddikte (in mm).

## 4 Uitgangspunten

### 4.1 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.

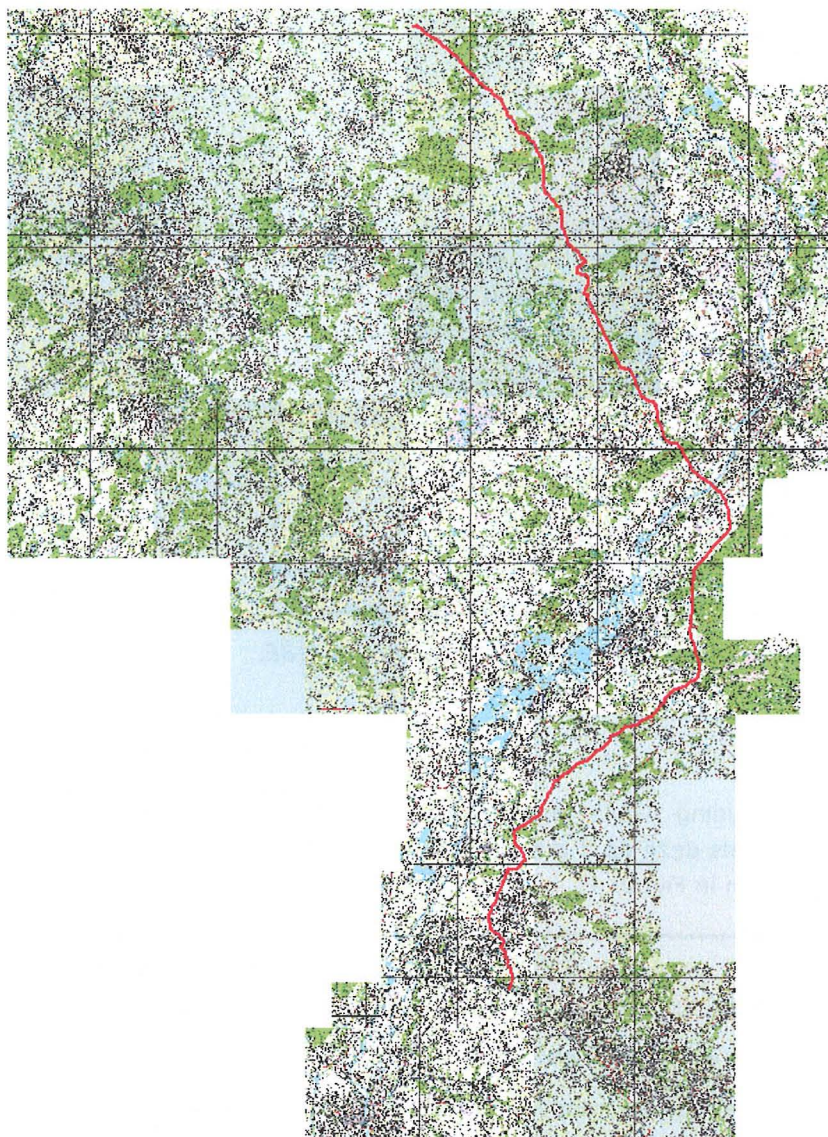
### 4.2 Leidingtracé

In de risicostudie is leiding A-665 meegenomen (zie Tabel 2). De coördinaten van deze leiding zijn gebruikt zoals deze op 2 maart 2009 zijn aangeleverd. Ter indicatie is de leiding uit Tabel 2 weergegeven in Figuur 1.

Leiding	Tracé
A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194	Odiliapeel - Schinnen

Tabel 2: Leidingnummer en bijbehorend tracé.

Het deel van het tracé dat dit rapport betreft is A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194. De risicostudie voor voorgaande deel van het tracé van de A-665 is beschreven in [16].



*Figuur 1: Visualisatie van de beschouwde leiding (rood) op de kaart van Nederland.*

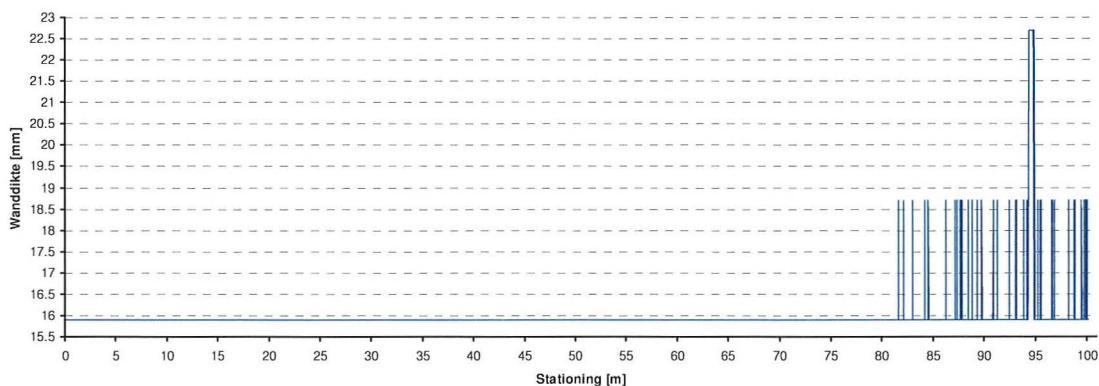
De voor de berekening van belang zijnde leidingparameters en bijbehorende waarden, zijn samengevat in Tabel 3.

<b>Parameter</b>	<b>A-665</b>
Diameter [inch]	48
Wanddikte [mm]	min. 15.9 <sup>3</sup>
Staalsoort [-]	X70
Ontwerpdruk [barg]	80
Minimale dekking [m]	1.20

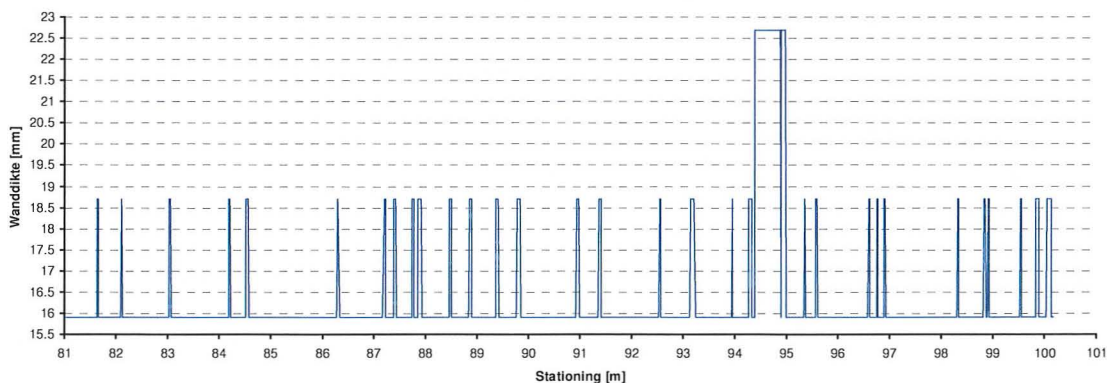
*Tabel 3: Leidingparameters.*

<sup>3</sup> Hoewel het overgrote deel van de leidingen door een gebied loopt dat geclassificeerd kan worden als gebiedsklasse 1, en derhalve volgens [2] volstaan kan worden met constructiefactor 0.72, eist Gasunie minimaal een constructiefactor van 0.65. De genoemde minimale wanddikte komt overeen met constructiefactor 0.65.

In de groepsrisicoberekeningen zoals beschreven in sectie 8.2 is rekening gehouden met een variërende wanddikte over de A-665-KR-164 t/m 194 zoals is voorzien in het ontwerp, voor de A-665-KR-032 t/m 163 is gerekend met de minimale wanddikte van 15.9 mm. De in de berekening gebruikte wanddikte als functie van de stationing is weergegeven in Figuur 2 voor de A-665-KR-032 t/m 194, de variërende wanddikte van de A-665-KR-164 t/m 194 is in meer detail weergegeven in Figuur 3.



Figuur 2: Wanddikte van de A-665-KR-032 t/m 194.



Figuur 3: Wanddikte van de A-665-KR-164 t/m 194.

### 4.3 Aardgassamenstelling

In Tabel 4 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 4: Fysische eigenschappen H-gas.

### 4.4 Bevolkingsgegevens

De omgevingsdata is geëxtraheerd uit een populatiebestand dat door RIVM ter beschikking is gesteld. Dit bestand bevat per adres het aantal bewoners (bij woningen) of werknemers (bij bedrijven). Het bestand geeft per object 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>4</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, alleen het aantal werknemers betreft. Om ook de aantallen bewoners van deze instellingen in de QRA te betrekken 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 [14].

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. Het is enkel om deze reden dat het RIVM als coauteur op het rapport vermeld staat. De risicoanalyse is door Gasunie uitgevoerd, waarmee uitdrukkelijk wordt gesteld dat het RIVM als toetsend orgaan deze risicoanalyse onafhankelijk kan beoordelen.

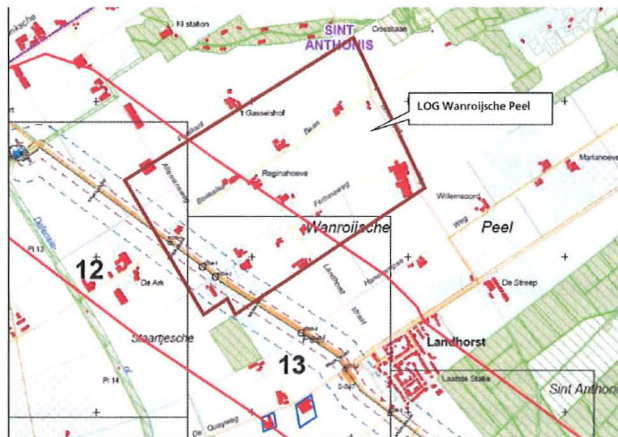
In de risicoberekening is rekening gehouden met uitbreidingsplannen en bestemmingsplannen in de gemeenten die binnen de inventarisatieafstand van het nieuwe tracé vallen. De nieuwbouwgegevens zoals deze zijn aangeleverd door BRO [17] zijn beschreven in sectie 4.4.1 tot en met 4.4.13

---

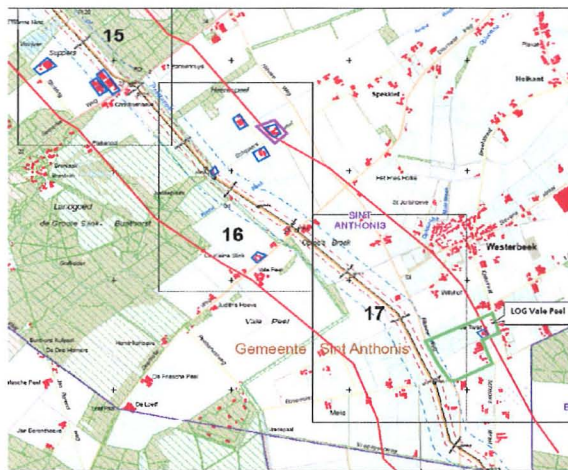
<sup>4</sup> Navraag bij RIVM leerde dat toekenning van het aantal personen per adres plaatsvindt op basis van het corresponderende postcodegebied. Voor een aantal woningen in een postcodegebied wordt het aantal personen geteld in die woningen. De gemiddelde waarde op basis van deze telling wordt van toepassing verklaard op alle woningen in dat postcodegebied.

#### 4.4.1 Ontwikkelingen gemeente Sint Anthonis

De Wanroijse Peel en Vale Peel zijn aangewezen als landbouwontwikkelingsgebied (LOG), weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5. Binnen dit gebied is de vestiging van intensieve veehouderij mogelijk. Er wordt uitgegaan van de vestiging van zes nieuwe bedrijven binnen de LOG Wanroijse Peel en drie nieuwe bedrijven binnen LOG Vale Peel waardoor het aantal aanwezigen met vier werknemers per bedrijf zal toenemen.

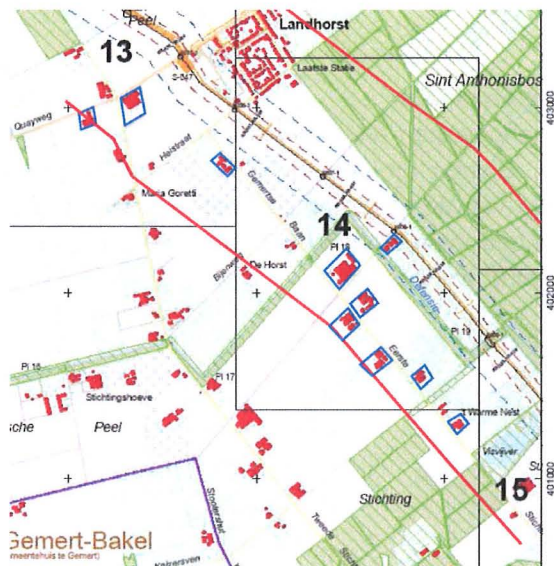


Figuur 4: LOG Wanroijse Peel



Figuur 5: LOG Vale Peel

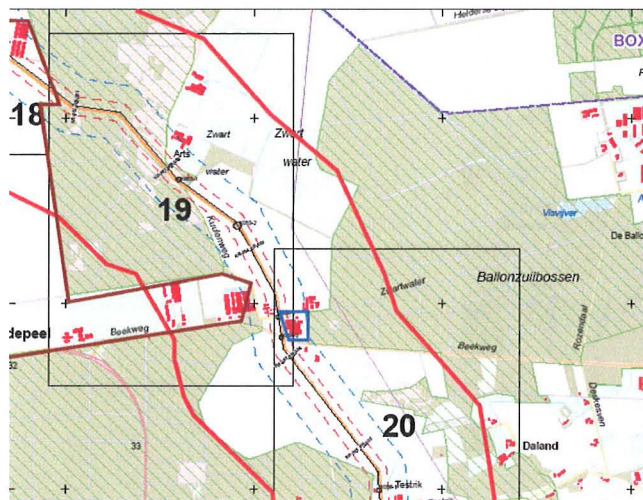
Tevens is er in het bestemmingsplan ruimte voor het realiseren van standplaatsen ten behoeve van kamperen, bij agrarische bedrijven. De bouwblokken die hiervoor in aanmerking komen zijn weergegeven in Figuur 6. Per bouwblok mogen maximaal tien standplaatsen worden gecreëerd. In de berekeningen is uitgegaan van 3,5 personen per standplaats, volgens PSG1.



Figuur 6: Agrarische bouwblokken met potentiële kampeer mogelijkheden.

#### 4.4.2 Ontwikkelingen gemeente Venray

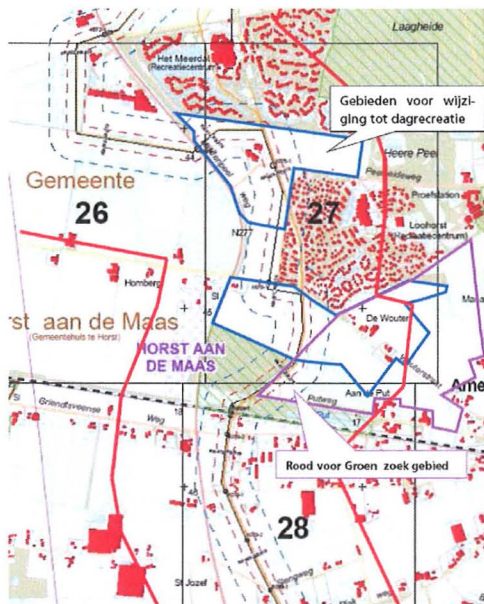
In de gemeente Venray is een bouwmogelijkheid aan de Beekweg bij de gemeente bekend (weergegeven met blauwe omlijning in Figuur 7). Het gaat hier om een toename van twee personen.



Figuur 7: Bouwmogelijkheid Beekweg.

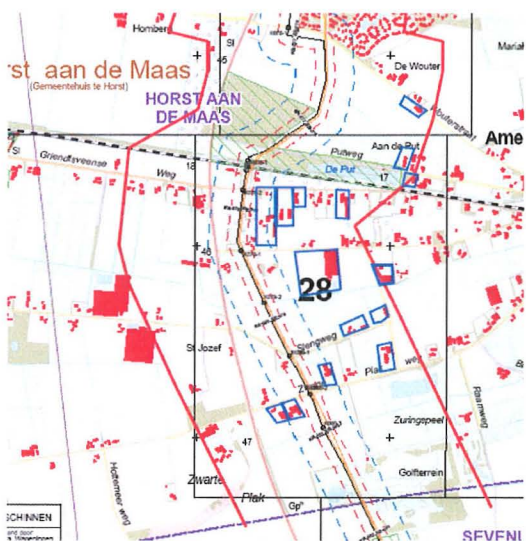
#### 4.4.3 Ontwikkelingen Horst aan de Maas

Binnen de gemeente Horst aan de Maas is binnen het huidige bestemmingsplan een mogelijke uitbreiding van een aantal bestaande recreatieve bedrijven mogelijk, weergegeven in Figuur 8. In de berekeningen is rekening gehouden met een toename van 432 aanwezigen per dag, verdeeld over de twee gebieden.



*Figuur 8: Wijzigingsgebieden recreatie*

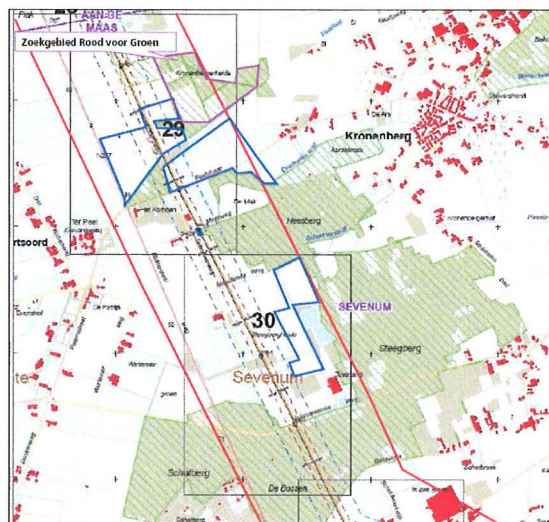
Tevens is er de mogelijkheid voor het realiseren van verblijfsrecreatie waardoor er een toename in personen kan plaatsvinden. Deze moet echter worden ingepast in de bestaande bebouwing, de bouwblokken die hiervoor in aanmerking komen zijn weergegeven in Figuur 9. Er wordt uitgegaan van een toename van 234 personen, verdeeld over de vijftien weergegeven bouwblokken.



*Figuur 9: Agrarische bouwblokken met mogelijkheid tot kamperen*

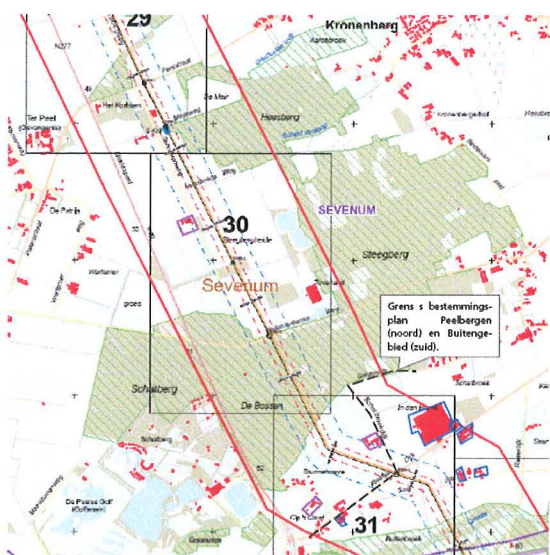
#### **4.4.4 Ontwikkelingen gemeente Sevenum**

Binnen de gemeente Sevenum is binnen het huidige bestemmingsplan een uitbreiding van een aantal bestaande recreatieve bedrijven mogelijk, weergegeven met de blauwe contouren in Figuur 10. In de berekeningen is rekening gehouden met een toename van 1007 aanwezigen per dag, uniform verdeeld over de uitbreidingsgebieden.



Figuur 10: Wijzigingsgebieden recreatie Sevenum.

Tevens zijn er een aantal locaties waarbij binnen het bestemmingsplan een mogelijkheid is voor verblijfsrecreatie, weergegeven in Figuur 11. Het gaat om een drietal bouwblokken (weergegeven met paarse omlijning) met een mogelijkheid voor het bouwen van in totaal 24 appartementen. Uitgaande van 6 personen per bungalow volgens PSG1 geeft dit een toename van 142 personen welke uniform zijn verdeeld over de bouwblokken.



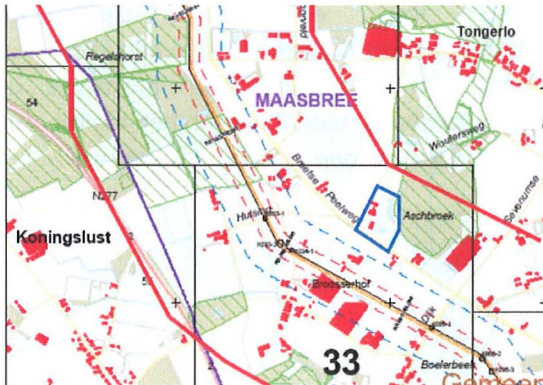
Figuur 11: Agrarische bouwblokken met mogelijkheid tot kamperen.

Tevens is er de mogelijkheid voor 6 agrarische bouwblokken voor het aanbieden van 25 standplaatsen per bouwblok (weergegeven met blauwe contouren in Figuur 11). Uitgaande van 3,5 personen per standplaats (PSG1), levert dit een toename van 87,5 personen per bouwblok op.

#### 4.4.5 Ontwikkelingen gemeente Maasbree

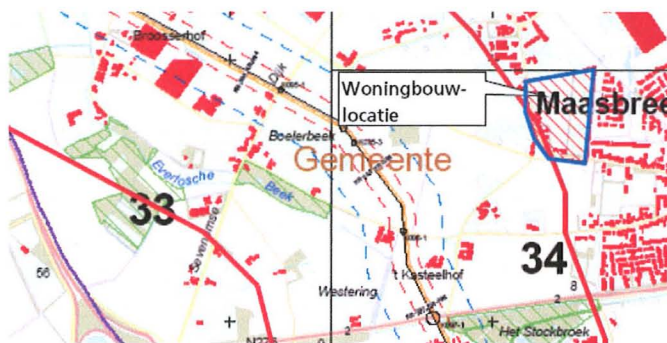
Aan de Onderste Horst 1, ten westen van de kern Maasbree is de camping De Flierenhof gelegen (Figuur 12). De gemeente heeft aangegeven dat deze camping, conform de provinciale regeling, buitenlandse werknemers moet huisvesten. Volgens de gemeentelijke

informatie zal dit op zijn vroegst nog een jaar gaan duren omdat de procedure hiervoor nog opgestart dient te worden. Het betreft de huisvesting van zo'n 250 personen.



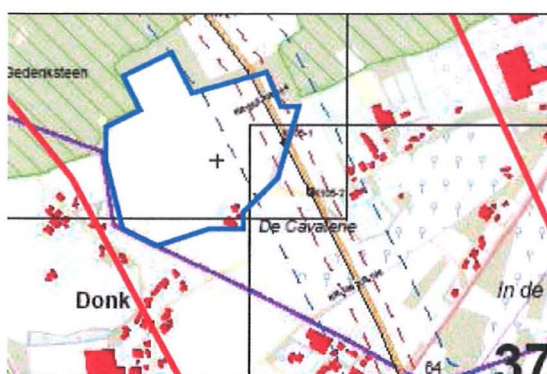
*Figuur 12: uitbreiding/ontwikkeling camping De Flierenhof*

Ten westen van Maasbree zijn grootschalige bebouwingmogelijkheden gepland, weergegeven in Figuur 13. Hierbij wordt volgens PSG1 uitgegaan van 25 personen per hectare.



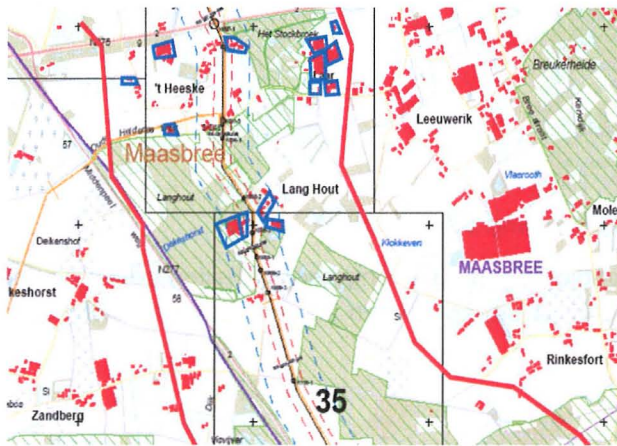
*Figuur 13: Geplande woningbouw ten westen van Maasbree.*

Tevens bestaan er plannen om landgoed Op de Bosch verder te ontwikkelen (Figuur 14), het gaat hier om drie woningen en drie vakantiewoningen. Hierbij wordt volgens PSG1 voor de vakantiewoningen uitgegaan van een bezetting van 6 personen per vakantiewoning. Voor de woningen wordt uitgegaan van 2,6 (CBS 2006) personen per woning.

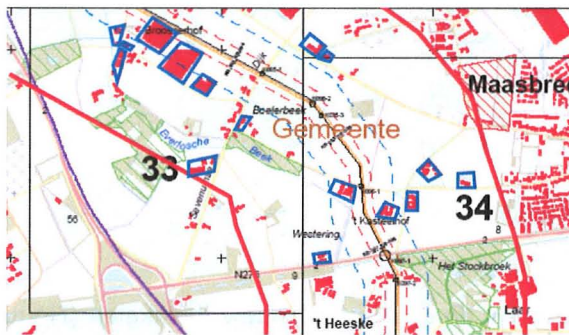


*Figuur 14: Te ontwikkelen locatie Op de Bosch.*

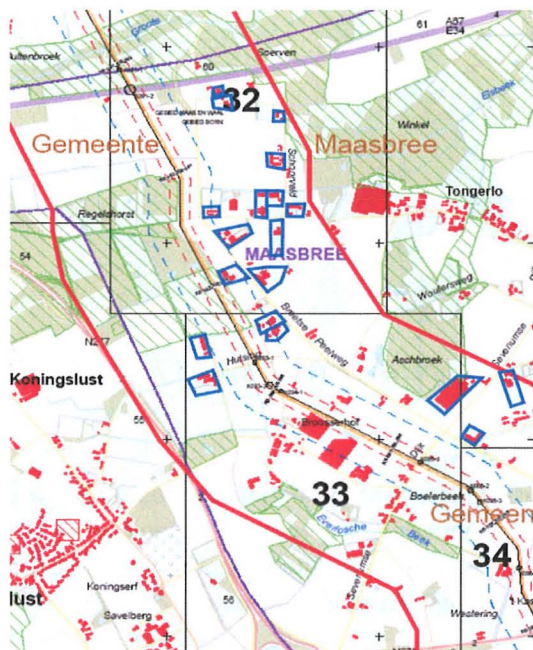
In de Figuren Figuur 15, Figuur 16 en Figuur 17 is (het voorontwerp van) de nieuwe structuurvisie Peel en Maas weergegeven. Dit is de opvolger van het huidige bestemmingsplan voor de gemeenten Maasbree, Helden, Kessel en Meijel. Binnen het beleidskader van de structuurvisie Peel en Maas zijn verschillende ontwikkelingsmogelijkheden. Er zijn in onderstaande figuren 49 blokken die in aanmerking komen voor ontwikkeling. Wanneer uitgegaan wordt van een intensieve gemiddelde veehouderij of een grondgebonden land- en tuinbouwbedrijf neemt het aantal personen per blok met maximaal 2 per bedrijf toe. Dit leidt tot een toename van 98 personen.



*Figuur 15: Structuurvisie Peel en Maas.*



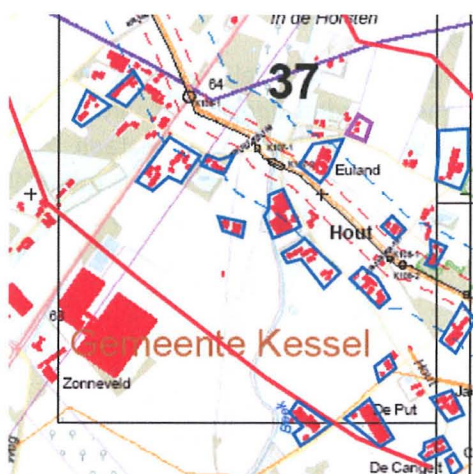
*Figuur 16: Structuurvisie Peel en Maas.*



Figuur 17: Structuurvisie Peel en Maas.

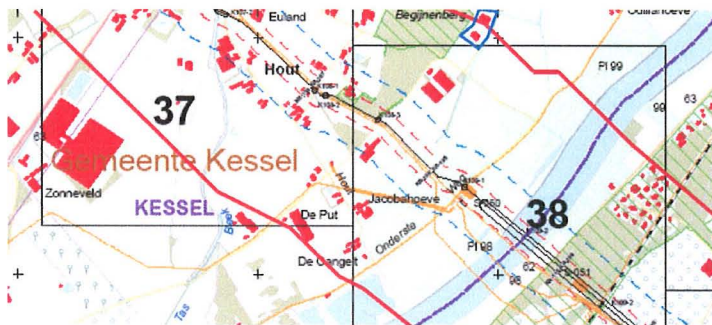
#### 4.4.6 Nieuwbouwegegevens gemeente Kessel

Binnen het vigerende bestemmingsplan wordt het mogelijk gemaakt dat bij een agrarisch bedrijf standplaatsen kunnen worden opgericht voor kampeerdoeleinden. In Figuur 18 zijn 20 blokken gelegen met de mogelijkheid tot verblijfsrecreatie. Het maximaal aantal standplaatsen bedraagt 10 stuks. Er wordt volgens PSG1 uitgegaan van 3,5 personen per standplaats. Dit leidt tot een mogelijke toename van 700 personen. Bovendien zijn er voor de 20 blokken onder de nieuwe structuurvisie verschillende ontwikkelingen mogelijk. Wanneer uitgegaan wordt van een intensieve gemiddelde veehouderij of een grondgebonden land -en tuinbouwbedrijf neemt het aantal personen per blok met maximaal 2 per bedrijf toe.



Figuur 18: Agrarische bouwblokken met mogelijkheid tot kamperen

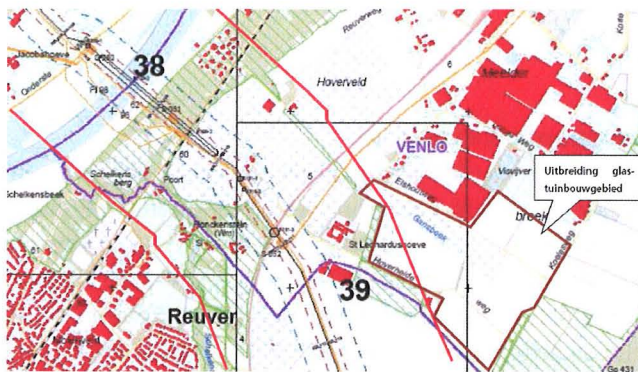
Aan de Bosakkerweg zijn bij een agrarisch bouwblok reeds 15 standplaatsen voor kampeermiddelen gerealiseerd (zie Figuur 19). Er is inmiddels een uitbreiding van 10 standplaatsen ingediend. Dit leidt tot een mogelijke toename van 35 personen.



Figuur 19: Uitbreiding camping kleinschalig kamperen (Bosakkerweg)

#### 4.4.7 Nieuwbouwgegevens gemeente Venlo

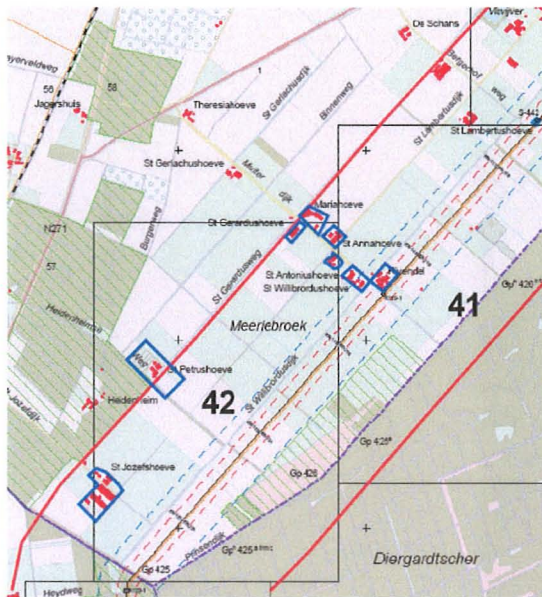
Mogelijk zal er een flinke uitbreiding plaatsvinden van de bestaande glastuinbouw op Venloos grondgebied. De uitbreiding van de glastuinbouw is enkel globaal bekend en is weergegeven in Figuur 20. Uitgaande van een verdubbeling van de huidige situatie van 17 bedrijven en 4 personen per bedrijf, zal dit leiden tot een toename van 68 personen.



Figuur 20: Mogelijke locatie uitbreidingsgebied glastuinbouw

#### 4.4.8 Nieuwbouwgegevens gemeente Beesel

Binnen het vigerende bestemmingsplan van de gemeente Beesel wordt het mogelijk gemaakt dat bij een agrarisch bedrijf standplaatsen kunnen worden opgericht conform de Wet op de Openlucht recreatie. Binnen de inventarisatie zone van het tracé bestaan 25 agrarische bedrijven (weergegeven in Figuur 21 en Figuur 22), waarop deze mogelijkheid van toepassing is. Op basis van vergelijkbare situaties wordt uitgegaan van 15 standplaatsen per agrarisch bedrijf. Op basis van PSG1 wordt rekening gehouden met 3,5 personen per standplaats.



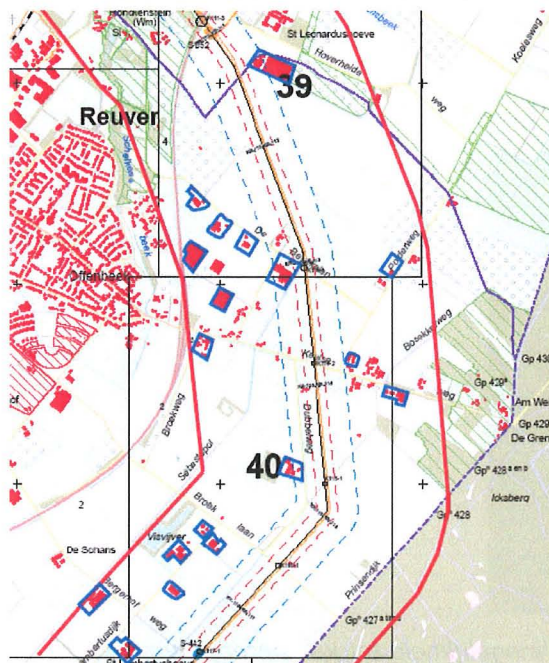
*Figuur 21 Agrarische bouwblokken met mogelijkheid tot kamperen, gem. Beesel*

Naast deze mogelijke uitbreidingen, wordt verder de uitbreiding van de camping St. Petrushoeve, de ontwikkeling van de visvijver en de verplaatsing van een agrarisch bouwblok, meegenomen in de beschouwing. De uitbreiding van de camping betreft een uitbreiding met 39 standplaatsen. Per standplaats wordt gerekend met 3,5 personen.

De visvijver aan de Sebastropol heeft plannen tot uitbreiden. Op basis van PSG 1 wordt voor extensieve recreatie, 36 personen per hectare aangenomen. Dit leidt voor de geplande uitbreiding van 7800 m<sup>2</sup> tot 28 extra personen.

De verplaatsing van een agrarisch bouwblok, naar de St. Lambertusdijk, zorgt voor een uitbreiding ten opzichte van de huidige situatie. Er wordt rekening gehouden met 4 extra personen.

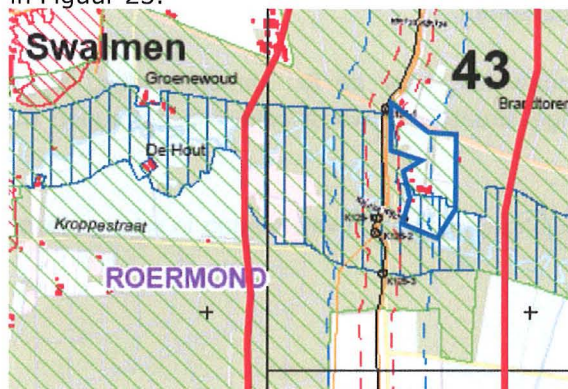
Een overzicht van bovenstaande mogelijke en geplande wijzigingen is weergegeven in Figuur 21 en Figuur 22.



Figuur 22 Agrarische bouwblokken met mogelijkheid tot kamperen, gem. Beesel

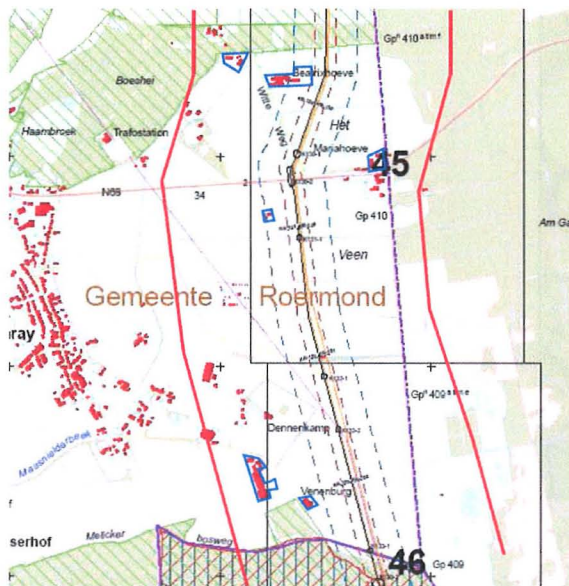
#### 4.4.9 Nieuwbouwgegevens gemeente Roermond

Binnen de 600 m zone van het tracé is in de gemeente Roermond een openluchtzwembad gelegen. Dit zwembad heeft de mogelijkheid tot het vestigen van 5 trekkershutten. Per trekkershut wordt gerekend met 3,5 personen. De ligging van het zwembad is weergegeven in Figuur 23.

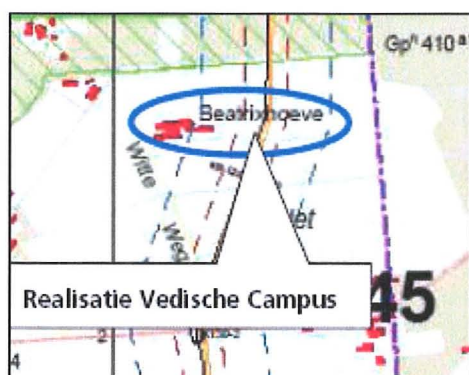


Figuur 23 Openluchtzwembad voormalig gemeente Swalmen

Naast mogelijke uitbreiding van het zwembad, is voor de gemeente Roermond ook rekening gehouden met de mogelijkheden van de agrarische bedrijven om een aantal standplaatsen te vestigen. Er zijn binnen de 600 m zone van het tracé, zijn 7 agrarische bedrijven gevestigd. Per bedrijf wordt uitgegaan van een maximum van 15 standplaatsen. Per standplaats wordt gerekend met 3,5 personen. Een overzicht van deze bedrijven is weergegeven in Figuur 24.



Figuur 24 Agrarische bedrijven met mogelijkheid tot kamperen, gem. Roermond

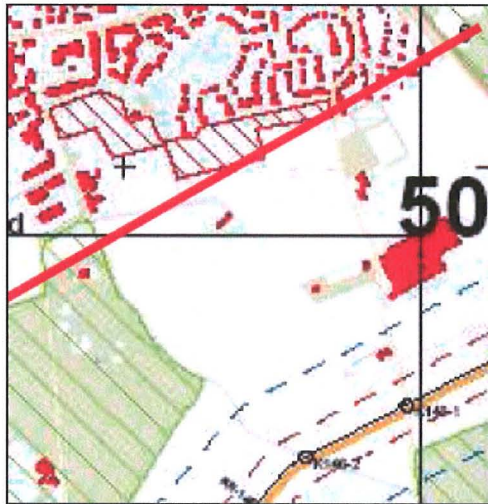


Figuur 25 Realisatie Vedische campus Beatrixhoeve

In de omgeving van de Beatrixhoeve zijn plannen om een Vedische Campus op te richten. Het betreft hier een campus waar les gegeven wordt, als waar gewoond gaat worden, in de berekeningen wordt uitgegaan van een toename van 300 personen.

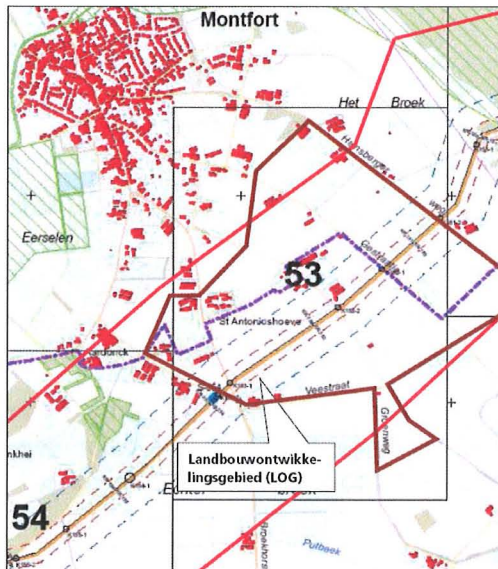
#### 4.4.10 Nieuwbouwegegevens gemeente Roerdalen

In Sint Odiliënberg is een uitbreidingsgebied gelegen, welke gedeeltelijk binnen de 600 m zone van het tracé ligt. Er wordt rekening gehouden met 8 percelen die binnen deze zone zouden kunnen vallen. Per perceel wordt uitgegaan van 2,6 personen (CBS 2006). Het gehele uitbreidingsgebied is gearceerd weergegeven in Figuur 26.



*Figuur 26 Woningbouw Sint Odiliënberg*

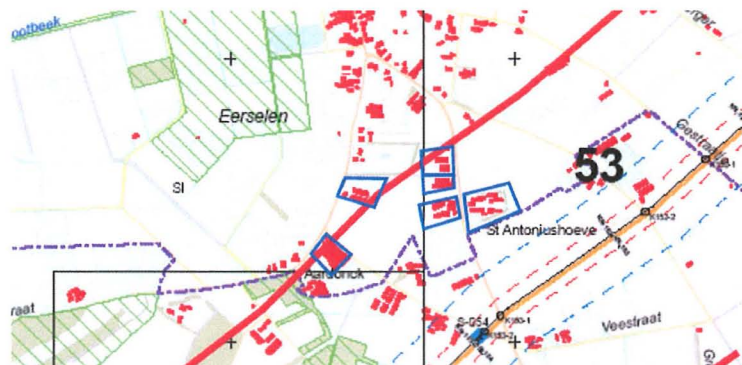
Ten zuidoosten van Montfort is een LOG gelegen. Voor dit gebied wordt, volgens het reconstructieplan, uitgegaan van een toename van maximaal 6 nieuwe bouwblokken/bedrijven. Per bedrijf wordt gerekend met 3 bewoners en 2 werknemers. In Figuur 27 is de hier beschreven LOG weergegeven.



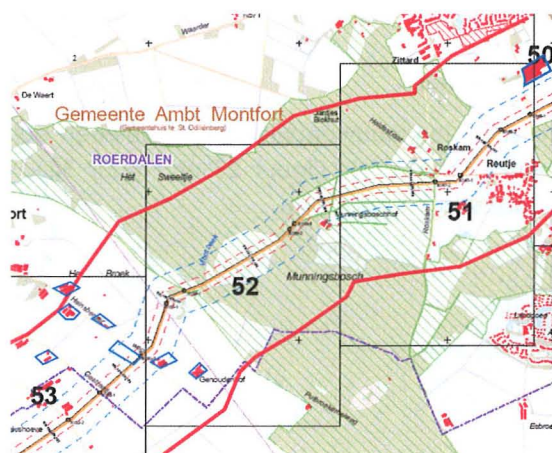
*Figuur 27: Landbouwontwikkelingsgebied grenzend aan gemeente Roerdalen*

In het vigerende bestemmingsplan is het voor de agrarische bedrijven in de gemeente Roerdalen mogelijk om standplaatsen te realiseren. Hoewel het maximum aantal standplaatsen voor een bedrijf in de zomer kan variëren (10 of 15 standplaatsen, afhankelijk van de exacte periode in de zomer) wordt gerekend met 15 standplaatsen per bedrijf. Per standplaats wordt gerekend met 3,5 personen. Tevens is het mogelijk dat vrijgekomen agrarische bedrijven worden omgebouwd tot bedrijfsgebouwen. Aangezien bovenstaande mogelijkheid van het aantal standplaatsen hiermee vervalt, is deze mogelijke situatie niet doorgerekend; berekeningen op basis van de standplaatsen zijn meer conservatief.

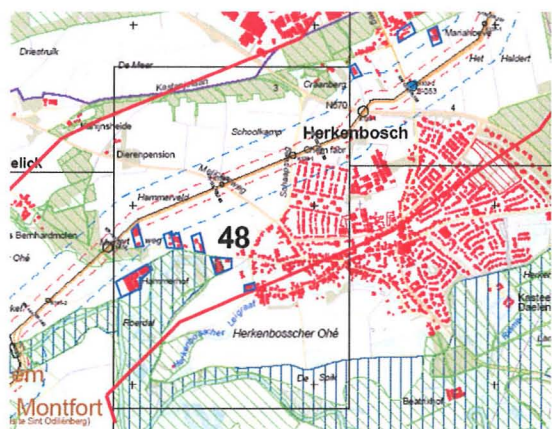
In Figuur 28, Figuur 29 en Figuur 30 is een overzicht van de agrarische bedrijven in de gemeente Roerdalen weergegeven, die de mogelijkheid hebben om standplaatsen te realiseren.



Figuur 28 Agrarische bedrijven met mogelijkheid tot kamperen.



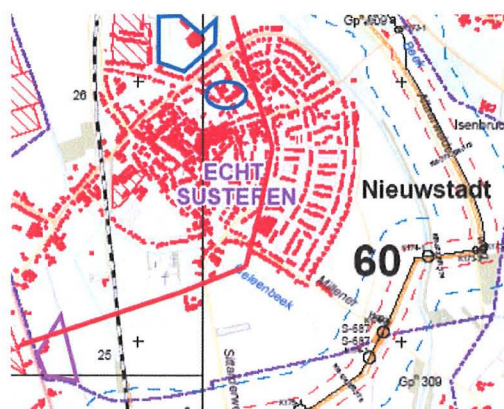
Figuur 29 Agrarische bedrijven met mogelijkheid tot kamperen.



Figuur 30 Agrarische bedrijven met mogelijkheid tot kamperen.

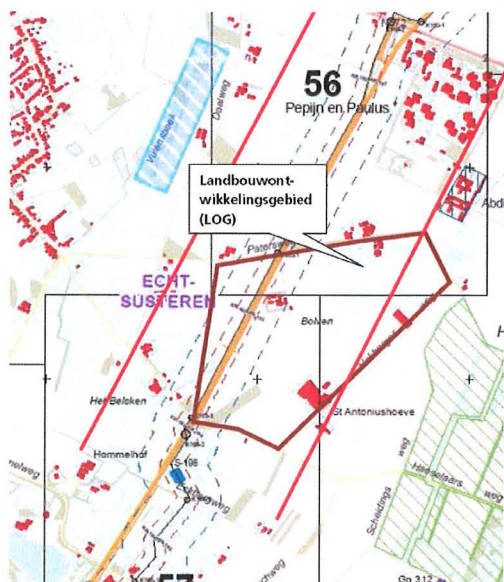
#### 4.4.11 Nieuwbouwgegevens gemeente Echt-Susteren

Aan de zuidkant van de kern Nieuwstadt zijn plannen om bedrijventerrein Op de Baan te ontwikkelen. Dit wordt een bedrijventerrein met een oppervlakte van 2,5 hectare, zie het roze omrande gebied in Figuur 31. Hierdoor neemt het aantal personen op dit bedrijventerrein toe met 100.



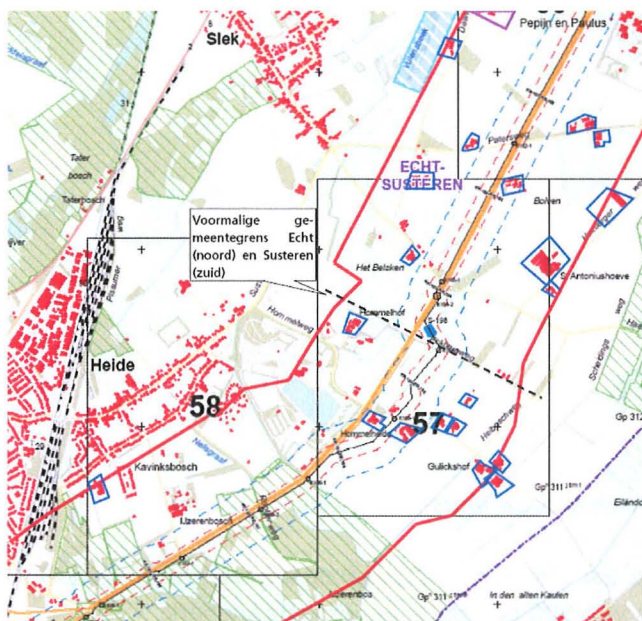
Figuur 31: Dorpsontwikkelingsplan kern Nieuwstadt

Binnen de gemeente Echt-Susteren zijn twee landbouwontwikkelingsgebieden gelegen: één ten oosten van Slek en één ten zuiden van Montfort (zie Figuur 27 en Figuur 32). Voor beide gebieden wordt uitgegaan van een toename van 30 personen.

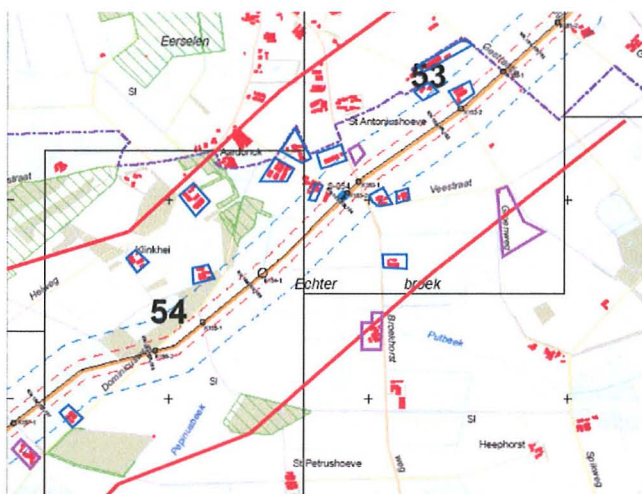


Figuur 32: Landbouwontwikkelingsgebied ten oosten van kern Slek

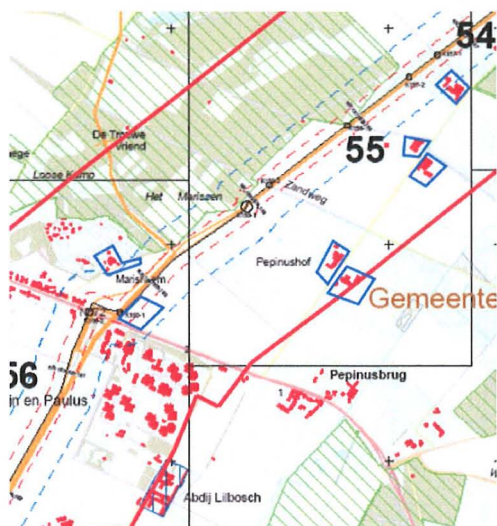
Voor agrarische bedrijven biedt het vigerende bestemmingsplan de mogelijkheid voor verblijfsrecreatie, waarbij per bedrijf maximaal 15 standplaatsen mogen worden gerealiseerd. In [17] worden 45 agrarische bouwblokken gemarkeerd (zie Figuur 33, Figuur 34 en Figuur 35). Voor alle 45 bouwblokken wordt aangenomen dat er 15 standplaatsen met elk 3,5 personen worden gerealiseerd. Daarnaast is er de mogelijkheid voor huisvesting van maximaal 20 seizoensarbeiders per bouwblok. Dit betekent een toename in het aantal personen per bouwblok van 73.



*Figuur 33: Agrarische bouwblokken met de mogelijkheid tot kamperen en huisvesting seizoenarbeiders*

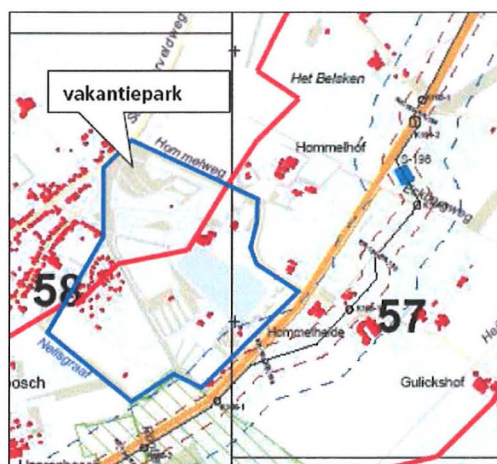


*Figuur 34: Agrarische bouwblokken met de mogelijkheid tot kamperen en huisvesting seizoenarbeiders*



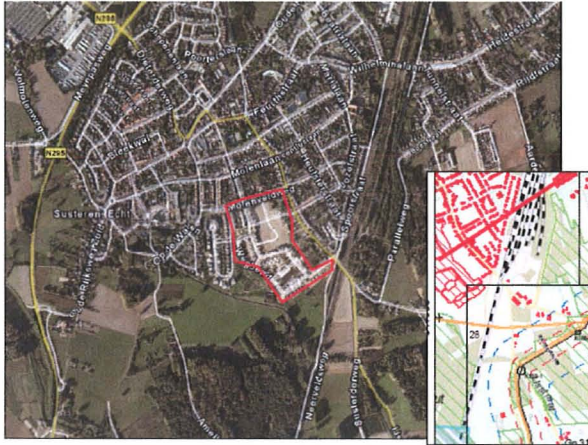
Figuur 35: Agrarische bouwblokken met de mogelijkheid tot kamperen

Het vakantiepark Hommelheide zal het aantal standplaatsen vergroten, zie Figuur 36. Dit leidt tot een maximale toename van 900 personen in het vakantiepark.



Figuur 36: Vakantiepark Hommelheide

Aan de zuidkant van de kern Susteren is een uitbreidingsplan voor woningen gelegen, waarvan een deel binnen het inventarisatiegebied valt voor de gasleiding die in dat gebied aanwezig is (Figuur 37). De toename van het aantal bewoners binnen de inventarisatieafstand bedraagt 156.

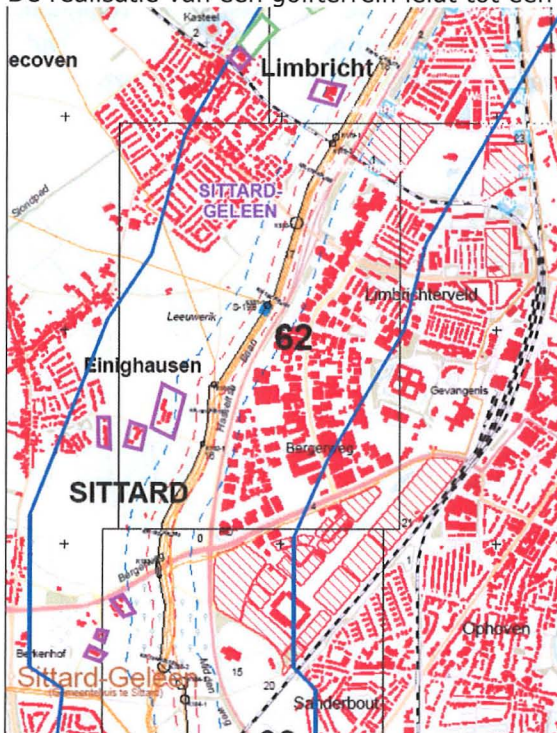


Figuur 37: Woningbouw "In de Mehre", Susteren

#### 4.4.12 Nieuwbouwegegevens gemeente Sittard – Geleen

Voor agrarische bedrijven biedt het vigerende bestemmingsplan de mogelijkheid voor verblijfsrecreatie. Daarnaast bestaat de mogelijkheid voor de realisatie van woningen, waarbij het aantal personen echter minder toeneemt dan bij verblijfsrecreatie. Voor alle 8 bouwblokken (zie Figuur 38) wordt daarom aangenomen dat er verblijfsrecreatie wordt gerealiseerd. Bij 15 standplaatsen per bouwblok en 3,5 personen per standplaats betekent dit een toename van 53 personen per bouwblok.

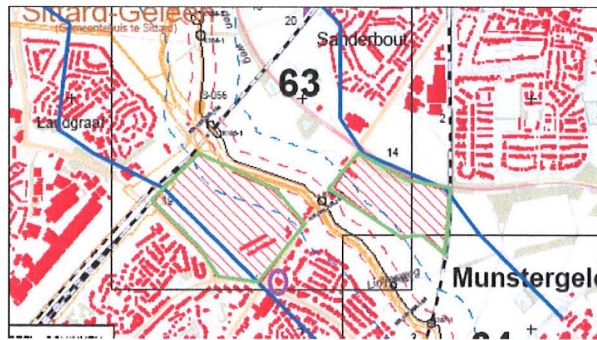
Kasteel Limbricht, zie Figuur 38, heeft de mogelijkheid om de kasteeltuinen uit te breiden. De realisatie van een golfterrein leidt tot een toename van 144 personen.



Figuur 38: Agrarische bouw kavels met mogelijkheid tot recreatie (roze) en kasteeltuinen (groen)

In het middengebied tussen Sittard en Geleen zullen 1150 woningen worden gebouwd. Deze woningen zijn evenredig verdeeld over de twee gebieden die in Figuur 39 aangegeven worden.

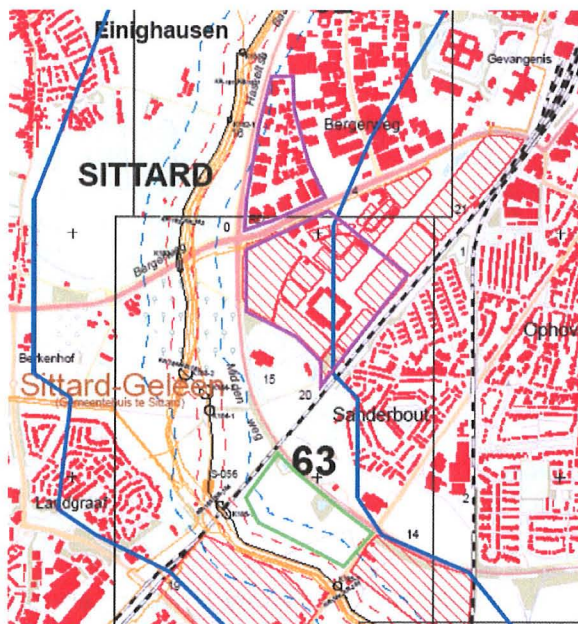
Het voormalige hotel Riche, zie Figuur 39, wordt verbouwd tot een appartementencomplex met 20 appartementen. Deze verbouwing leidt tot een toename van 52 bewoners.



Figuur 39: Woningbouwlocaties Middengebied (groen) en voormalig hotel Riche (roze)

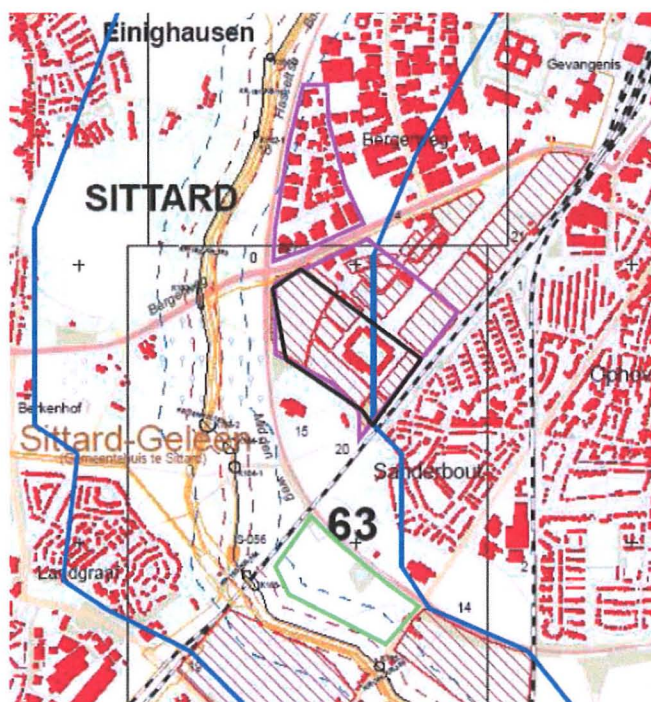
In het middengebied is het Orbis Medical Center in aanbouw, zie Figuur 40. Toekomstige bezoekers zullen voor wisselende verblijfsduur aanwezig zijn. In dit rapport wordt uitgegaan van 9100 aanwezigen, inclusief 2600 werknemers.

Voor bedrijventerrein Bergerweg Noord (Figuur 40) is een uitbreiding van 1000 werknemers voorzien. Voor bedrijventerrein Bergerweg Zuid (Bedrijvenstad Fortuna, zie Figuur 40) wordt rekening gehouden met een uitbreiding van 1080 werknemers bij de regionale bedrijven. Tevens heeft het stadion de mogelijkheid om op de gronden bij het stadion te vullen met een muziekhall van maximaal 2500 m<sup>2</sup>, waarbij volgens het PSG1 model kan worden uitgegaan van een toename van 500 personen.



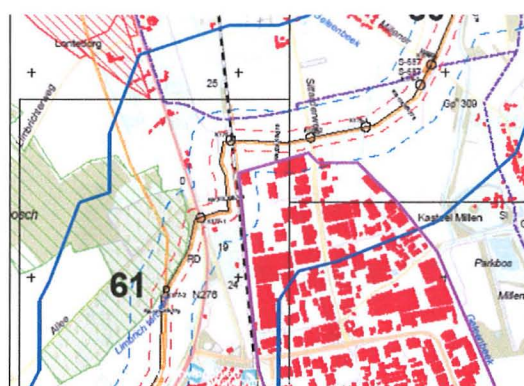
Figuur 40: Bedrijventerreinen Bergerweg Noord en Zuid (paars) en Orbis Medical Center (groen).

Bedrijvenstad Fortuna (zie Figuur 41) zal verder worden doorontwikkeld, de precieze invulling is nog onbekend, maar voor het stadion en omgeving wordt als 'worst' case scenario uitgegaan van 5.6 miljoen bezoekers per jaar, dat geeft een gemiddelde van 15342 bezoekers per dag waar van wordt uitgegaan dat 80% van deze bezoekers tijdens het dagdeel aanwezig is en 20% tijdens de nacht.



Figuur 41: Bedrijvenstad Fortuna (in zwart weergegeven).

Het bestemmingsplan Industriepark-Noord, zie Figuur 42, voorziet in een maximale toename van het aantal werknemers met 4600 die voor de berekening evenredig verdeeld worden.



Figuur 42: Bedrijventerrein Industriepark-Noord

In het bestemmingsplan middengebied is sprake van de ontwikkeling van een park, zie Figuur 43. In dit park zullen maximaal 80 personen aanwezig zijn en zijn meegenomen in de berekening.



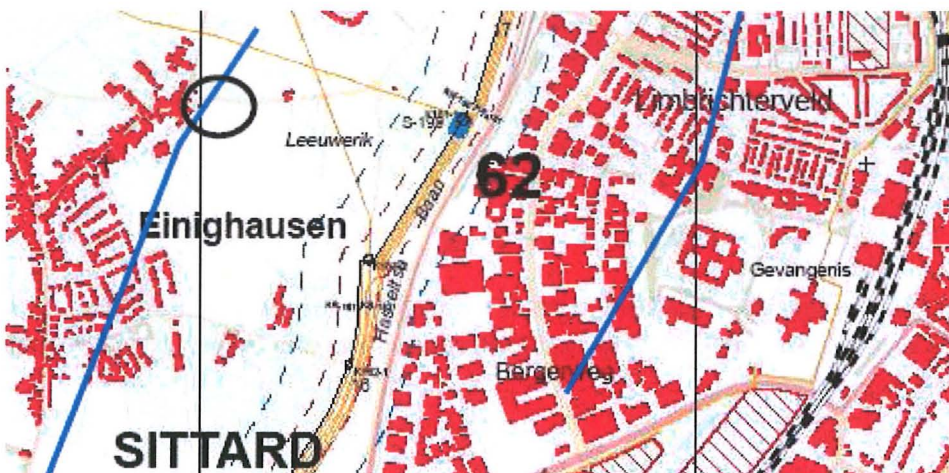
Figuur 43: Groene zone

Ten zuiden van Munstergel (zie Figuur 44) wordt de omgeving van het voormalige klooster Abshoven ontwikkeld, er zal onder andere woningbouw plaatsvinden. Het gaat hier om een realisatie van 14 vrije bouw kavels, 2 kleinschalige complexen van ieder 9 koopappartementen en maximaal 27 zorgeenheden in het voormalige klooster, kapel en ambtshuis. In de berekeningen is rekening gehouden met een toename van 122 personen.



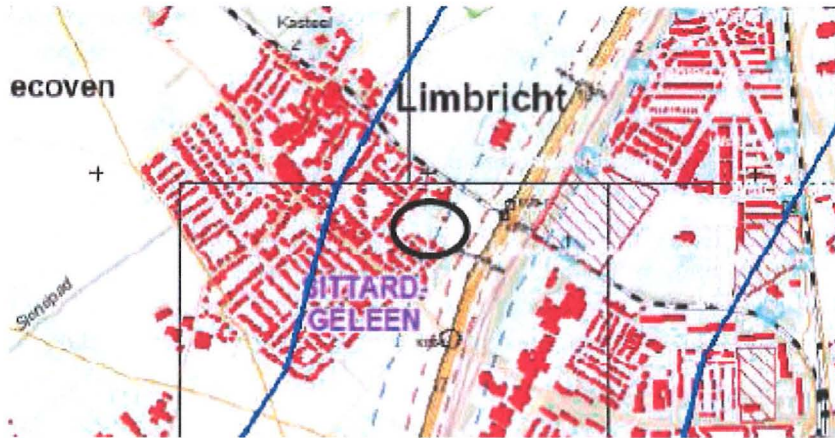
Figuur 44: ontwikkelingsmogelijkheden Abshoven.

Op de locatie Bergmans (Figuur 45), is een woningbouwontwikkeling gaande, met een maximum van 5 woningen. In de berekeningen wordt uitgegaan van een toename van 12 personen.



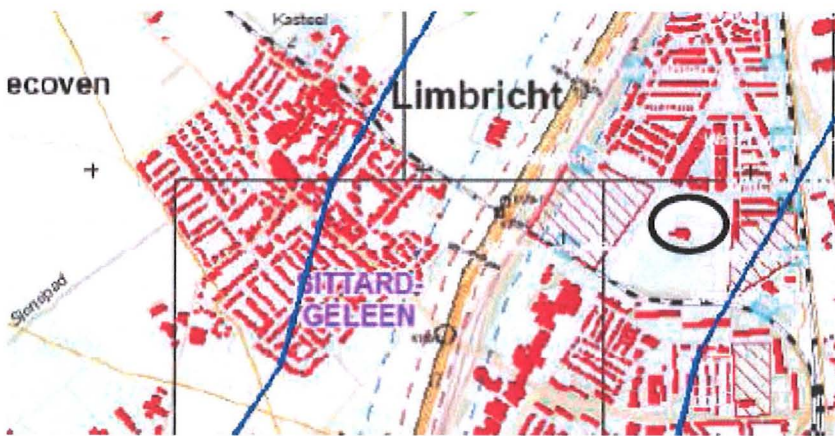
Figuur 45: Locatie Bergmans (zwart omcirkelt).

In Limbricht (zie Figuur 46) wordt een nieuwe school gerealiseerd. In de berekeningen wordt rekening gehouden met 235 kinderen en 70 personeelsleden.



Figuur 46: Parkschool Limbricht (zwart omcirkelt).

Bassisschool Loedoes (zie Figuur 47) zal gaan uitbreiden met acht klassen dit geeft een stijging van 250 personen (inclusief leerlingen en leerkrachten). Daarnaast zal ook de Decapo school te Limbrichterveld (zie Figuur 48) gaan uitbreiden met 300 personen (inclusief leerlingen en leerkrachten).



Figuur 47: Uitbreiding basisschool Loedoes.

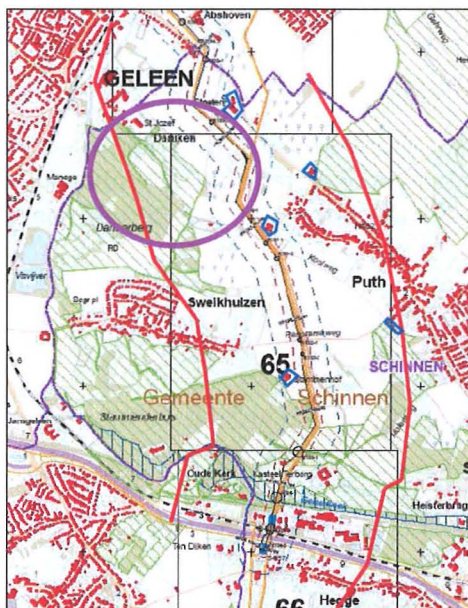


Figuur 48: Locatie Decapo school.

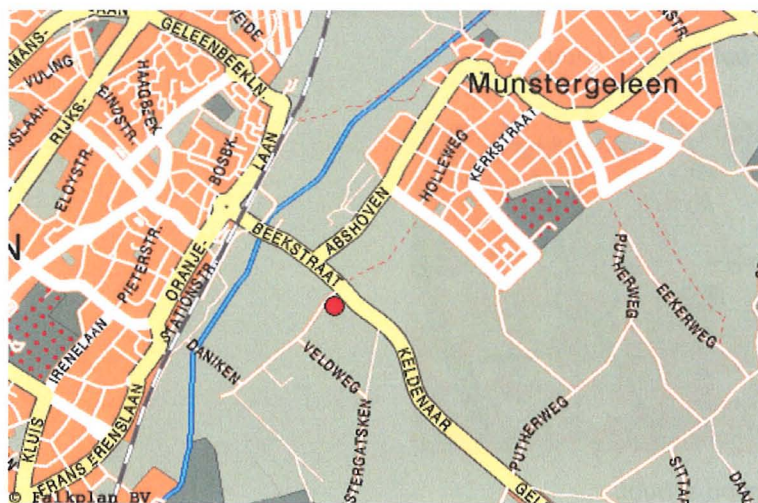
#### 4.4.13 Nieuwbouwgegevens gemeente Schinnen

Voor agrarische bedrijven biedt het vigerende bestemmingsplan de mogelijkheid voor verblijfsrecreatie, waarbij per bedrijf maximaal 15 standplaatsen mogen worden gerealiseerd. In het nieuwe bestemmingsplan wordt echter de mogelijkheid geboden voor 25 standplaatsen. In voorliggend rapport wordt daarom uitgegaan van 25 standplaatsen per agrarisch bedrijf. In Figuur 49 zijn 5 agrarische bouwblokken gemarkeerd, waarvoor wordt aangenomen dat er 25 standplaatsen met elk 3,5 personen worden gerealiseerd. Dit betekent een toename in het aantal personen per bouwblok met 88.

Bij Daniken wordt een 'Ruimte voor Ruimte' project gestart. Hier wordt een fruitbedrijf omgevormd tot een woning, wat leidt tot een toename van 2 personen. Tevens is in de berekeningen het kinderdagverblijf Upkedupke meegenomen (weergegeven in Figuur 50) waarbij is uitgegaan van een aanwezigheid van 12 kinderen en twee begeleiders.



Figuur 49: Agrarische bouwblokken met de mogelijkheid tot verblijfsrecreatie (blauw) en locatie Ruimte voor Ruimte woningen (roze).



Figuur 50: Kinderdagverblijf Upkedupke.

## 5 Faalscenario's en faaloorzaken

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.

### 5.1 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 kan ook corrosie een faaloorzaak zijn, evenals materiaal- en constructiefouten, vermoeiing, SCC<sup>5</sup> en aardverschuivingen. Falen door corrosie wordt echter 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 meer meegenomen bij de bepaling van de faalfrequentie van de leidingen. 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 materiaalfouten nihil kan worden geacht. Tot slot zijn SCC en aardverschuivingen als faaloorzaak in Nederland tot nog toe niet waargenomen.

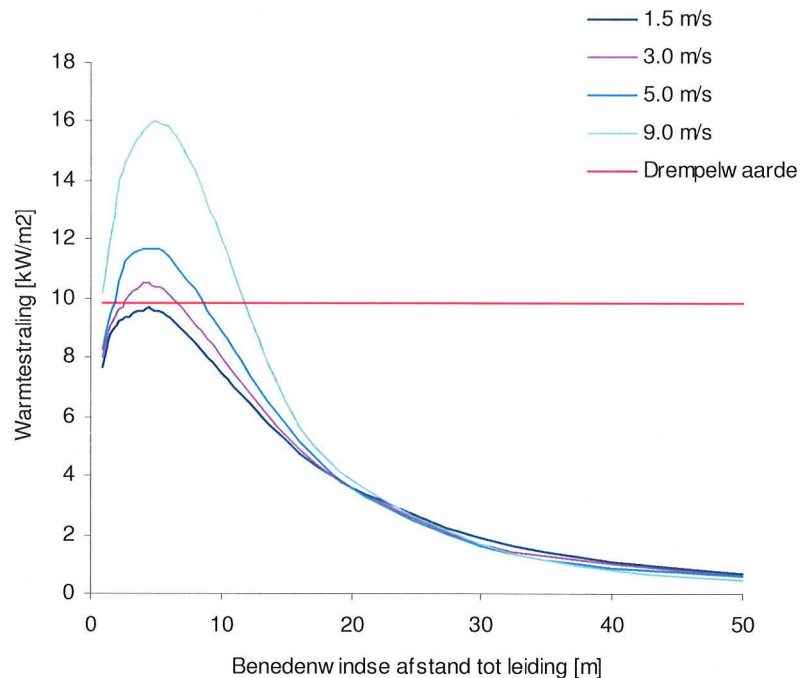
In de faalfrequentie berekeningen wordt daarom alleen rekening gehouden met schade door derden als faaloorzaak. Voor meer details omtrent de faalfrequentie berekeningen wordt verwezen naar Bijlage A.

### 5.2 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 51 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>5</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 51: 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>6</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.

### 5.3 Domino-effecten

Daar waar de nieuwe leiding gebundeld met bestaande leidingen wordt aangelegd, wordt een onderlinge afstand (hart op hart) van 7 meter aangehouden. Deze onderlinge afstand kan overal worden gerealiseerd. Door deze onderlinge afstand zullen er geen domino-effecten optreden.

<sup>6</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.

## 6 Faalfrequentie berekening

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

### 6.1 Ontstekingskans

In de berekeningen is uitgegaan van een diameter en druk afhankelijke ontstekingskans. Voor de betrokken leidingen 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.

### 6.2 Ontstekingstijdstip

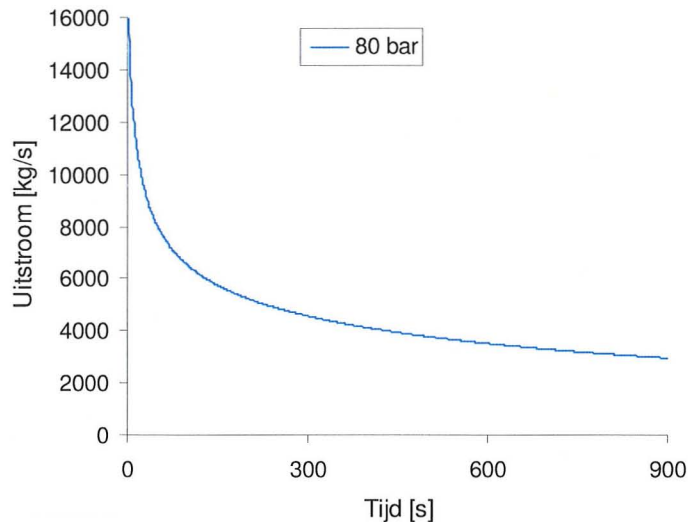
In de (plaatsgebonden) risicoberekening wordt ervan uitgegaan dat als de uitstroom van gas ontsteekt, de kans 75% is dat dit direct gebeurt op tijdstip  $t=0$  en de kans 25% is dat ontsteking pas 120 s na het optreden van de breuk plaatsvindt.

## 7 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.

### 7.1 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 48" leiding op 80 bar is weergegeven in Figuur 52.



*Figuur 52: Tijdsafhankelijk uitstroomprofiel bij breuk van een 48" 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 48" leiding opererend op een druk van 80 bar is de tijdsgemiddelde uitstroom over de eerste 20 s gelijk aan ruim  $13000 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  (voor een lek van 20 mm is de uitstroom nog geen  $4 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ). De tijdsgemiddelde uitstroom voor dezelfde leiding tussen 120 en 140 s is gedaald tot  $6000 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ .

## 7.2 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.

## 7.3 Letaliteit

Schade door warmtestraling wordt conform het zogenaamde Groene Boek [9] bepaald door de 'dosis' die een persoon ontvangt. Gegeven een ruimte- en tijdsafhankelijke straling  $Q(x,y,z,t)$ , uitgedrukt in  $[kW \cdot m^{-2}]$ , dan wordt de dosis in het algemeen berekend met de formule

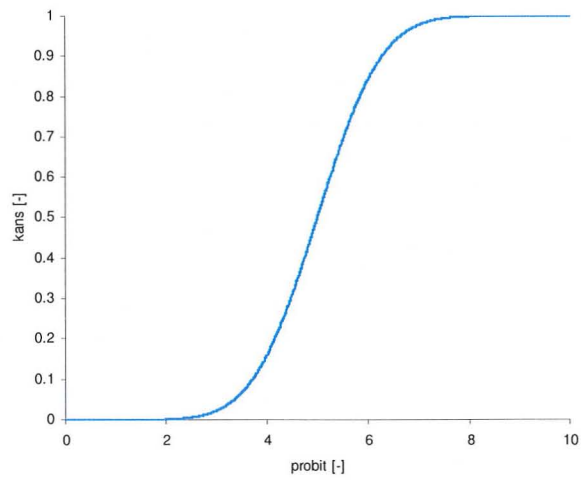
$$Dosis = \int_{T_0}^{T_1} Q(x, y, z, t)^{4/3} dt,$$

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 blootstellingduur 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, dan 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 53).



*Figuur 53: Kans op overlijden als functie van de probit.*

## 8 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.

### 8.1 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 4.2, 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 grondroedersregeling;
- 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].

### 8.2 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 [14] 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%	[14]
Leerlingen in 'O'-object	100%	0%	[14]
Recreanten in 'R'-object	0%	100%	[14]
Overig (betreft met name woningen)	70%	100%	[3]
Percentage werknemers aanwezig			
Werknemers in 'Z'-object	90%	10%	[14]
Werknemers in 'O'-object	100%	0%	[14]
Werknemers in 'R'-object	50%	50%	[14]

	Dag	Nacht	Bron
Overig (betreft met name woningen)	100%	0%	[3]
Beschermende factor dragen kleding	0,14	0,14	[3]

Het groepsrisico wordt gepresenteerd in de vorm van een FN-curve. Een FN-curve is in feite een 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 overschrijdswaarde 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.

Indien de overschrijdingsfactor groter is dan 10% van de grenswaarde, wordt de FN-curve gepresenteerd. Hierbij worden de volgende aannames 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;
- De opsplitsing in directe en vertraagde ontsteking wordt niet gemaakt, maar er wordt alleen (conservatief) gerekend met directe ontsteking.

## 9 Resultaten

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

### 9.1 Toetsing aan huidige zonering

In de circulaire [2] worden toetsings- en bebouwingsafstanden gegeven voor 48" leidingen op 80 bar druk, zie Tabel 5 .

Toetsingsafstand [m]	Bebouwingsafstand [m] Gebiedsklasse 1 en 2	Bebouwingsafstand [m] Gebiedsklasse 3 en 4
150	5	50

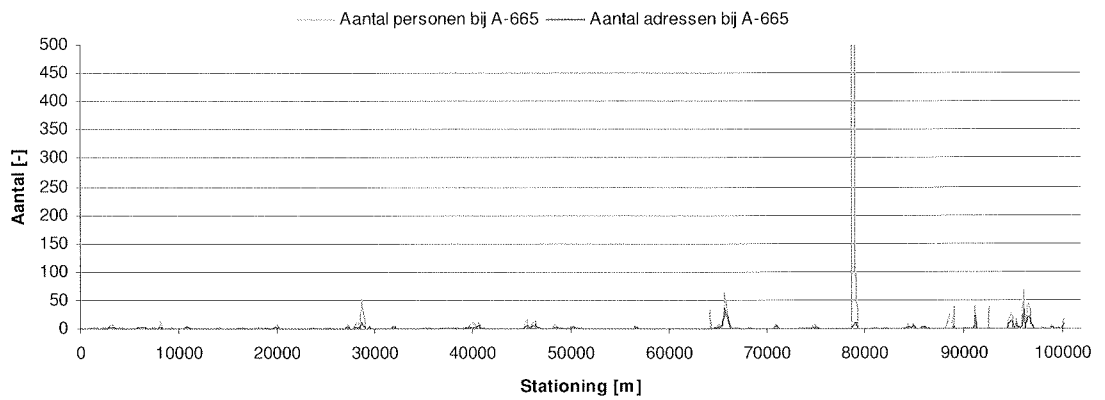
Tabel 5: Toetsings- en bebouwingsafstanden voor een 48", 80 bar leiding.

Op grond van bevolkingsgegevens kan de gebiedsklasse bepaald worden binnen de toetsingsafstand. Het merendeel van het gebied binnen de toetsingsafstand kan worden ingedeeld in de klassen 1 en 2. Volgens de circulaire [2] kan in dit geval worden volstaan met een constructiefactor van 0.65 (wanddikte 15.9mm). In de buurt van woonwijken en kruisingen en dergelijke eist de circulaire een kleinere ontwerpfactor: 0.55 (wanddikte 18.7mm) of zelfs 0.45 (wanddikte 22.7mm).

De omgeving van het tracé is getoetst aan de bebouwingsafstanden die in de circulaire zijn opgenomen. Hierbij is uitgegaan van de bebouwingsafstand van 50m, behorend bij gebiedsklasse 3 en 4. Als er binnen deze afstand geen bebouwing is wordt per definitie voldaan aan de circulaire.

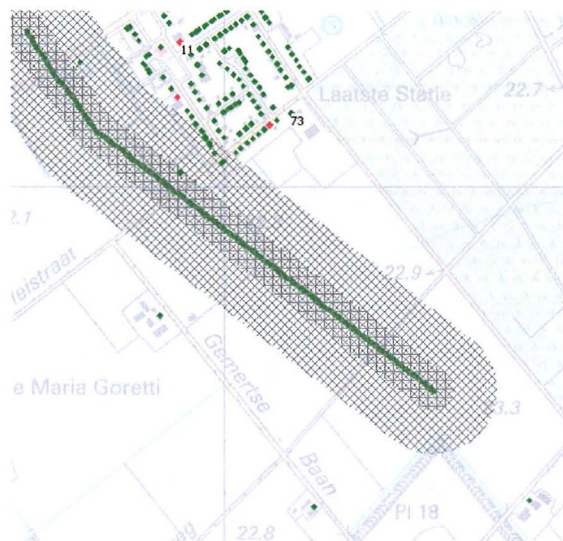
Indien er wel bebouwing is binnen de bebouwingsafstand is de gebiedsklasse van het omliggende gebied, afgebakend door de toetsingsafstand, bepaald. Indien het gebied ingedeeld kan worden in klasse 1 of 2 wordt alsnog voldaan aan de circulaire. Indien het gebied moet worden ingedeeld in klasse 3 of 4, moet de constructiefactor van de leiding met 0.1 worden verlaagd en dient een risicobeperkende maatregel zoals opgenomen in sectie 3.2 te worden toegepast.

Om voor de A-665 de bestaande bebouwing en aanwezigen binnen de toetsingsafstand inzichtelijk te maken, is in Figuur 54 het aantal adressen en het aantal personen (gedefinieerd als de som van bewoners en werknemers) binnen de toetsingsafstand uitgezet tegen de stationing van de A-665 (A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194). De nieuwbouwplannen zijn uitvoerig beschreven in sectie 4.4

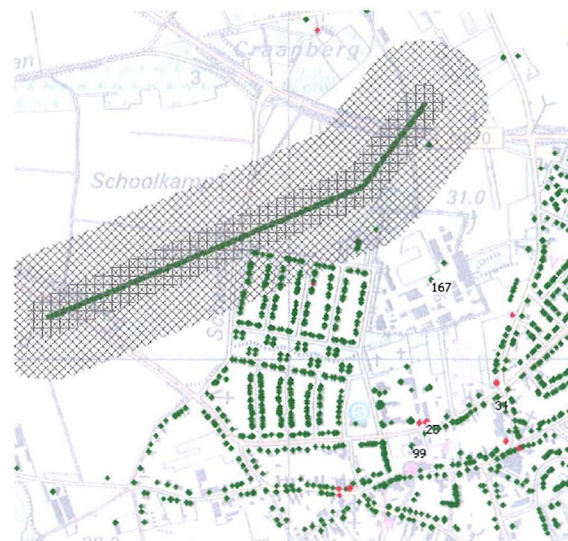


*Figuur 54 Aantal adressen en personen binnen de toetsingsafstand (bestaande bebouwing) van de A-665, beschouwd van routekaart A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194.*

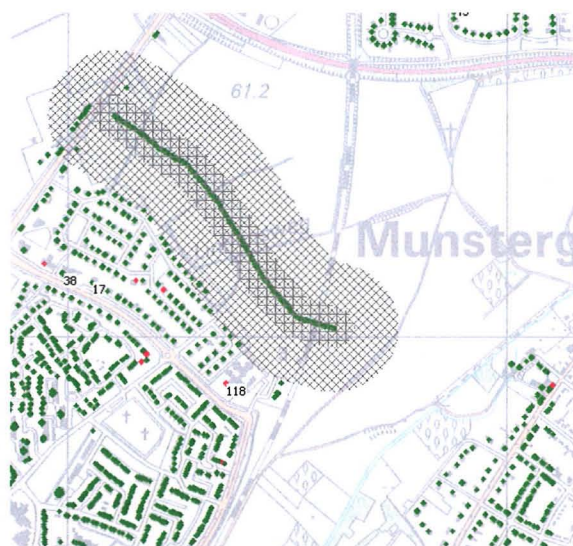
Met betrekking tot de A-665 zijn er drie gevallen geïdentificeerd (weergegeven in Figuur 55) waar zich bebouwing bevindt binnen 50 m en waarbij het gebied binnen de toetsingsafstand ingedeeld zou kunnen worden als gebiedsklasse 3 of 4.



a. Landhorst (RDM 183000, 403000)



b. Herkenbosch (RDM 201900, 352200)



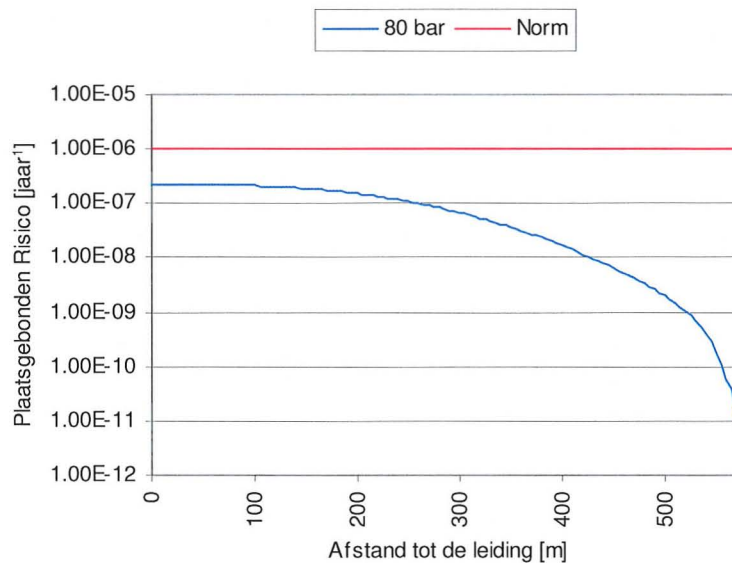
c. Munstergelen (RDM 187000, 332500)

*Figuur 55: Mogelijke knelpunten van de A-665. De groene lijn is een deel van de leiding, diagonaal gearceerd is de toetsingsafstand, horizontaal/verticaal gearceerd is de bebouwingsafstand bij klasse 3 en 4, de groene stipjes zijn de adressen waar 1 of meer bewoners/werknemers bestaan volgens de RIVM database.*

Echter, de leiding wordt hier lokaal uitgevoerd met constructiefactor 0.55 en zal een mitigerende maatregel worden getroffen opdat de te hanteren bebouwingsafstand eenmalig mag worden gehalveerd. Binnen 25 meter aan weerszijden van de leiding bevinden zich geen objecten, zodat het tracé aan de vigerende regelgeving voldoet.

## 9.2 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico van de in Tabel 3 vermelde leidingen en bijbehorende parameterring is gepresenteerd in Figuur 56. Hierbij is uitgegaan van de in de tabel genoemde minimale wanddikte van 15.9mm.



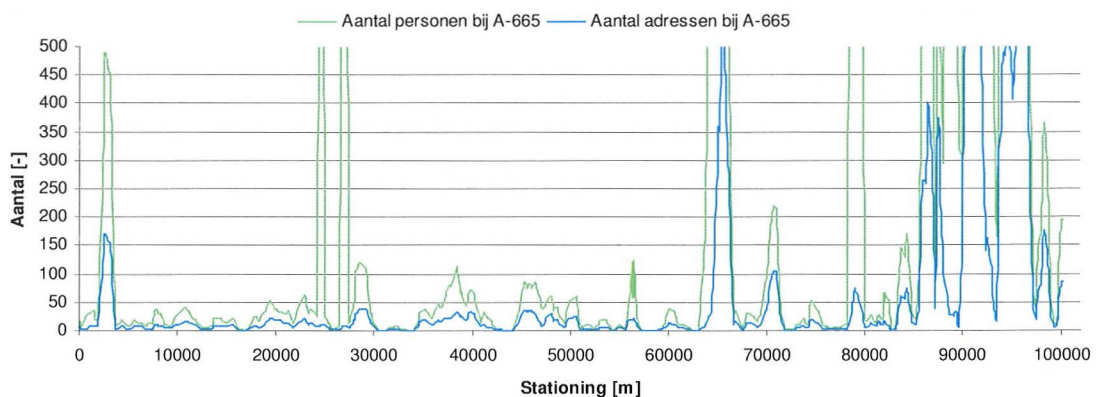
Figuur 56: PR van leiding met parameters zoals gespecificeerd in Tabel 3.

Het kan worden geconcludeerd dat het plaatsgebonden risico nabij de leiding reeds bij een ontwerpfactor van 0.65 lager is dan de door de Nederlandse overheid gestelde maximum waarde van  $10^{-6}$  per jaar. Daarmee voldoet het voorziene leidingontwerp aan de toekomstige regelgeving omtrent plaatsgebonden risico.

### 9.3 Groepsrisico

#### 9.3.1 Screening overschrijding groepsrisico

Om de populatie binnen het invloedsgebied voor groepsrisico inzichtelijk te maken, zijn het aantal adressen en het aantal personen (gedefinieerd als de som van bewoners en werknemers) van de A-665 uitgezet tegen de stationing (A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194). De resultaten zijn weergegeven in Figuur 57. Deze populatie bestaat uit de bestaande bebouwing. De nieuwe bebouwing en ontwikkelingen zijn beschreven in 4.4.1 tot en met 4.4.13

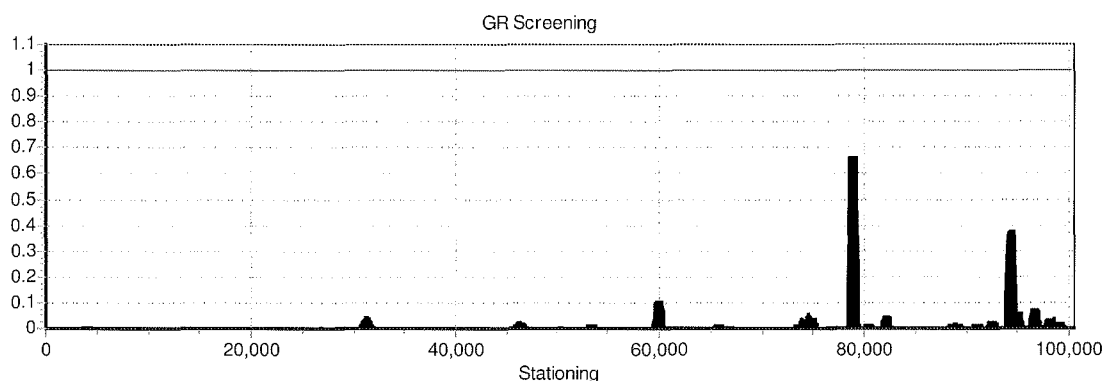


Figuur 57: Aantal adressen en personen binnen de inventarisatieafstand (bestaande bebouwing) van de A-665, beschouwd van routekaart A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194.

Voor de A-665-KR-032 t/m 194 wordt per stationing de overschrijdingsfactor 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 als functie van de stationing, berekend met de leidingparameters zoals gegeven in Tabel 3, is gepresenteerd in Figuur 58. In de berekening is rekening gehouden met de bestaande bebouwing en de ontwikkelingen zoals beschreven in sectie 4.4.1 tot en met 4.4.13 .

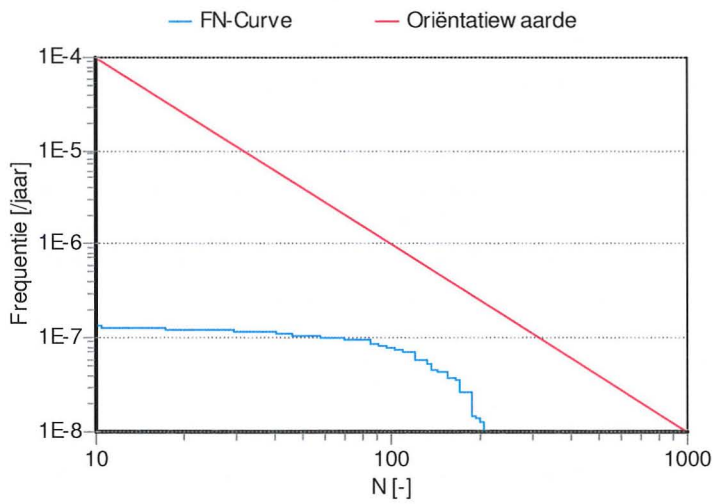


*Figuur 58: Overschrijdingsfactor van het groepsrisico als functie van de stationing van de A-665, beschouwd van routekaart A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194 inclusief nieuwe ontwikkelingen.*

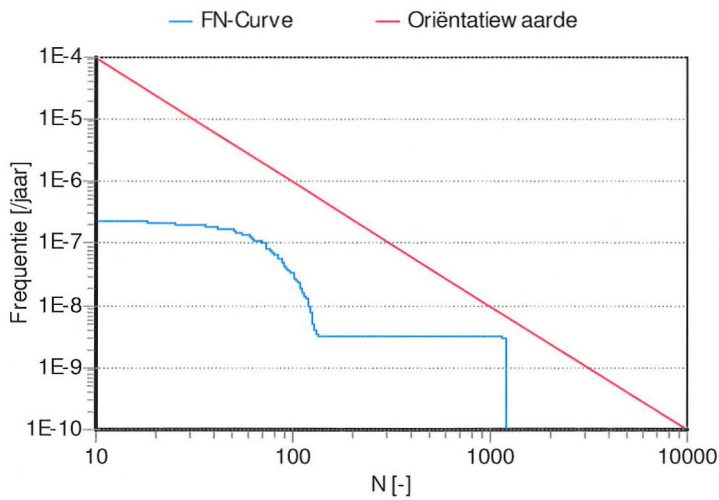
Uit Figuur 58 kan worden geconcludeerd dat de A-665 geen overschrijding heeft van de oriëntatie waarde voor het groepsrisico, zijnde  $F \cdot N^2 < 10^{-2} \text{ km}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ . Voor de stationing waar het groepsrisico hoger is dan 10% van de oriëntatie waarde is de FN-curve weergegeven in sectie 9.3.2 .

### **9.3.2 FN-curve.**

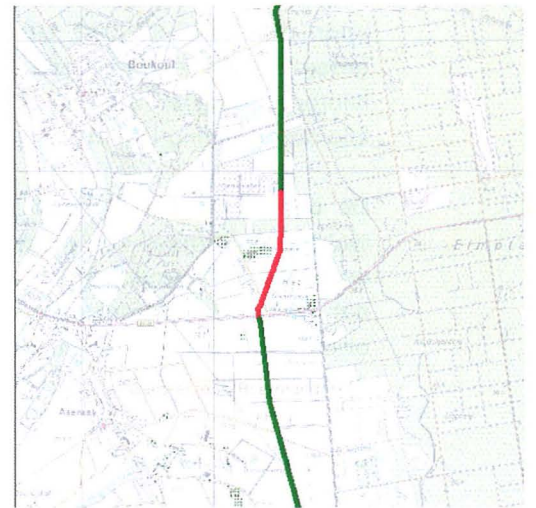
Er zijn FN-curves berekend voor 1 km leiding daar waar het groepsrisico groter is dan 10% van de oriëntatie waarde voor het geplande tracé van de A-665 en zijn weergegeven in Figuur 61, Figuur 61 en Figuur 63 .



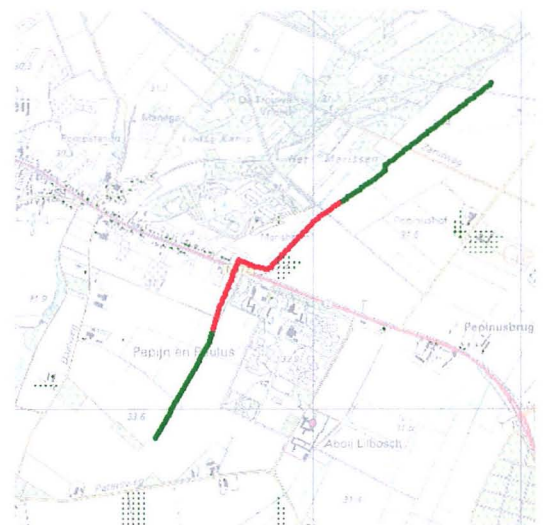
Figuur 59: FN curve voor stationing 59400-60400 m, overschrijdingsfactor 0.11.



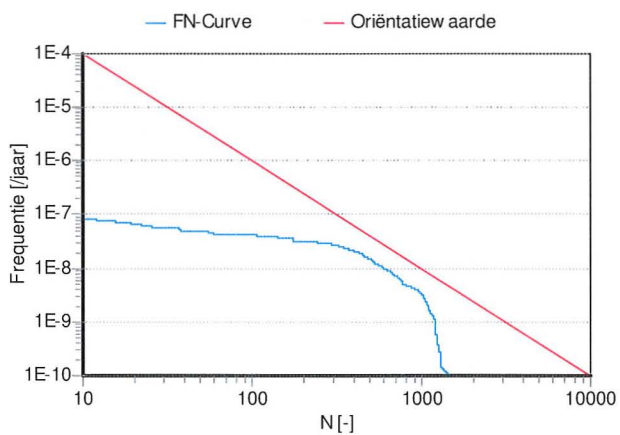
Figuur 61: FN curve voor stationing 78250 m -79250 m, overschrijdingsfactor 0.63.



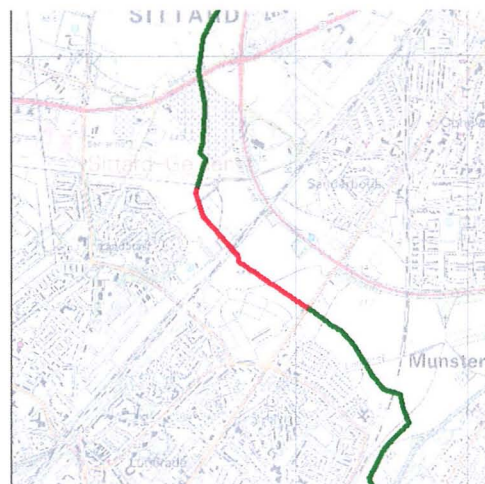
Figuur 60: Weergave van de kilometer waarvan de FN curve is berekend.



Figuur 62: Weergave van de kilometer waarvan de FN curve is berekend.



Figuur 63: FN curve voor stationing 93900 m – 94900 m, overschrijdingsfactor 0.38.



Figuur 64: Weergave van de kilometer waarvan de FN curve is berekend.

Met betrekking tot het groepsrisico van de leiding A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194 voldoet het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, 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 dodelijke slachtoffers.

## 10 Conclusies

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

Uit de toetsing aan de huidige regelgeving, zijnde de circulaire "Zonering langs hoge druk aardgastransportleidingen" blijkt dat er een drietal locaties zijn waarbij de omgeving wordt ingedeeld in gebiedsklasse 3 of 4, terwijl er zich bebouwing op minder dan 50 meter van de leiding bevindt. Echter, de leiding wordt hier lokaal uitgevoerd met een dikkere wand zodat de bebouwingsafstand eenmalig kan worden gehalveerd. In dit geval voldoet het tracé aan de vigerende regelgeving.

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.

Met betrekking tot het groepsrisico van de leiding A-665-KR-032 t/m A-665-KR-194 voldoet het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, 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 dodelijke slachtoffers.

# 11 Referenties

- [1] *Handreiking Externe Veiligheid Vervoer Gevaarlijke Stoffen*, maart 1998  
Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen; Tweede kamer, vergaderjaar 1995-1996, 24 611, nr 2.
- [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 aardgastransportleidingen*, ministerie van VROM, VROM DGM/SVS/2000073018, 10 juli 2000.
- [8] Rein Bolt, Robert Kuik, Jeroen Zanting, Eric Jager: *Risicoanalyse Aardgas Transportleidingen*. Rapport RT 03.R.0355.
- [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] E-mail uitwisseling met Dr. M.R. Acton, Advantica, 28 November 2006.
- [14] Post J.G., Kooi E.S., Weijts J., *Ontwikkelingen van het groepsrisico rond Schiphol, 1990 – 2010*, RIVM rapport 620100004, 2005

- [15] Ministerie van VROM, *PGS 1*, maart 2005, Den Haag.
- [16] J.L. Bos, M.T. Dröge, *Kwantitatieve Risicostudie Tracé Beuningen – Odiliapeel*, 15 januari 2008, DET 2007.R.0321 versie 2.1.
- [17] *Achtergrondinformatie ten behoeve van QRA voor leidingtracé Sint Anthonis – Schinnen*, G. Oehlen, P. Gerards, F. Janssen, BRO, 19 december 2008, 211x02470.

# 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  $f(d)$ :

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

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,  $P_{gouge-dent_i}$  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.

# Verzendlijst

Archief

TAM (G.R. Kuik, P.C.A. Kassenberg)

TL (L.J. Lambers, R.R.J. Toxopeus)

TVB (D. van den Brand)

EKC