

Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw & Innovatie
Directoraat voor Energie,
Telecom en Mededinging
T.a.v. mevr. mr. G.P. Westhoven
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

N.V. Nederlandse Gasunie
Postbus 19
9700 MA Groningen
Concourslaan 17
T (050) 521 91 11
F (050) 521 19 99
E communicatie@gasunie.nl
Handelsregister Groningen
02029700
www.gasunie.nl

Datum 2 oktober 2012
Doorkiesnummer 06-1100 5363

Ons kenmerk PM-12-02931
Uw kenmerk

Onderwerp

Reactie op second opinion RIVM betreffende onderzoek
veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot
aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

Geachte mevrouw Westhoven,

In het kader van de m.e.r.-procedure voor het project aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden heeft de Commissie voor de Milieueffectrapportage verzocht om inzicht te geven in de veiligheidsrisico's van het vliegverkeer in relatie tot de nieuwe aardgastransportleiding in de omgeving van Schiphol.

Om een antwoord te formuleren op de vraag van de Commissie is in opdracht van Gasunie een studie uitgevoerd door het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR), Deltares en DNV/KEMA.

De uitgangspunten van de onderzoeken en de conceptuitkomsten ervan zijn voorgelegd aan uw ministerie en het Ministerie van Infrastructuur & Milieu. Door uw ministerie is besloten om het Centrum Externe Veiligheid (CEV) van het RIVM te vragen een beoordeling uit te voeren op de aanvaardbaarheid van verrichtte onderzoeken.

Het RIVM heeft EL&I middels een brief (kenmerk 104/12 CEV Spo/sij-3514) dd. 25 juni 2012 geïnformeerd over haar bevindingen. Op 6 juli jl. heeft een overleg plaatsgevonden tussen het RIVM, de ministeries van IenM en EL&I, de onderzoeksbureaus Deltares, NLR en Kema en Gasunie om de bevindingen te bespreken.

In opdracht van Gasunie hebben de onderzoeksbureau's het verzoek gekregen om aanvullend onderzoek te verrichten om de door het RIVM gestelde vragen zo goed mogelijk te kunnen beantwoorden. Hieronder vindt u de bevindingen van dit additionele onderzoek.

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 2 oktober 2012

Ons kenmerk: PM-12-02931

Onderwerp: Reactie op second opinion RIVM inzake veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

Reactie op beoordeling RIVM

In de beoordeling van het RIVM worden een viertal conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan. Hieronder worden deze vier punten samengevat met een reactie daarbij.

- Het NLR-rapport is voldoende helder en transparant. Echter voor het bepalen van de trefkans wordt een aanname gedaan over de breedte van het invloedsgebied die niet overeenkomt met het rapport van Deltares. Daarmee wordt de trefkans mogelijk onderschat.

Reactie Gasunie:**Inleiding**

Naar aanleiding van de bevindingen van het RIVM heeft Gasunie besloten om alle verrichtte onderzoeken tegen het licht te houden.

Hierdoor wordt niet alleen de invloedsstrook nader beschouwd, maar is ook in meer detail gekeken naar de rekgrensoverschrijding en zijn tevens enkele niet eerder geformuleerde ongevalsscenario's alsnog berekend.

De afdeling Veiligheid van Gasunie (een Notified Body) heeft de toelaatbare rekgrens van de aardgastransportleiding nader beschouwd.

Deltares is gevraagd om het invloedsgebied rondom de leiding te bepalen. Tevens heeft Deltares aanvullende vliegtuigongevallenscenario's berekend.

Bevindingen**Rekgrens analyse**

Een analyse m.b.t. de toelaatbare rekgrensoverschrijding is gegeven in bijlage 1.

Deze analyse geeft aan dat op basis van secundaire effecten die optreden als gevolg van de impact van een vliegtuig een theoretische overschrijding van de rekgrens van ca 60% mogelijk is zonder breuk van de leiding.

Aangezien deze waarde van 60% een theoretische waarde is wordt een rekgrensoverschrijding toelaatbaar geacht van 20%. Hiermede wordt feitelijk gecorrigeerd voor materiaal- en lasfouten.

Aanvullende berekeningen

Er zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd, om de scenario's waarvoor in de oorspronkelijke analyse geen uitspraak gedaan kon worden te kunnen definiëren.

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 2 oktober 2012

Ons kenmerk: PM-12-02931

Onderwerp: Reactie op second opinion RIVM inzake veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

Hierdoor kan meer in detail vastgesteld worden welke scenario's werkelijk tot schade aan de leiding zouden leiden.

Er zijn nu ook scenario's vastgelegd voor het gebied ten noorden van de Haarlemmerringvaart.

Een overzicht van de berekeningen is gegeven in bijlage 2. Dit betreft een notitie van Deltares met kenmerk1205314-000-GEO-0024 van 14 september 2012.

De belangrijkste conclusies zijn:

- In het gebied ten noorden van de Haarlemmerringvaart leidt 50% van de vliegtuigongevallen tot schade aan de leiding. Deze berekening is gemaakt voor leidingen met een wanddikte van 22,7 mm.

- In de Haarlemmermeer geldt dat:

Bij een rekgrens van 15% en een buiswanddikte van 22,7 mm leidt geen enkel vliegtuigongeval tot overschrijding van de rekgrens, Toepassing van een toelaatbare rekgrens van 20% leidt tot hetzelfde resultaat.

Bij een rekgrens van 15 % en een buiswanddikte van 15,9 mm leidt 0,625% van de vliegtuigongevallen tot overschrijding van de rekgrens. Toepassing van een toelaatbare rekgrens van 20% leidt tot een nog lager percentage vliegtuigongevallen dat de rekgrens overschrijdt.

NB: In de aanvullende QRA berekeningen is Kema uitgegaan van een rekgrensoverschrijding van 15%. I.v.m. de verkregen resultaten zijn geen verdere berekeningen gedaan bij 20%.

Invloedstrook

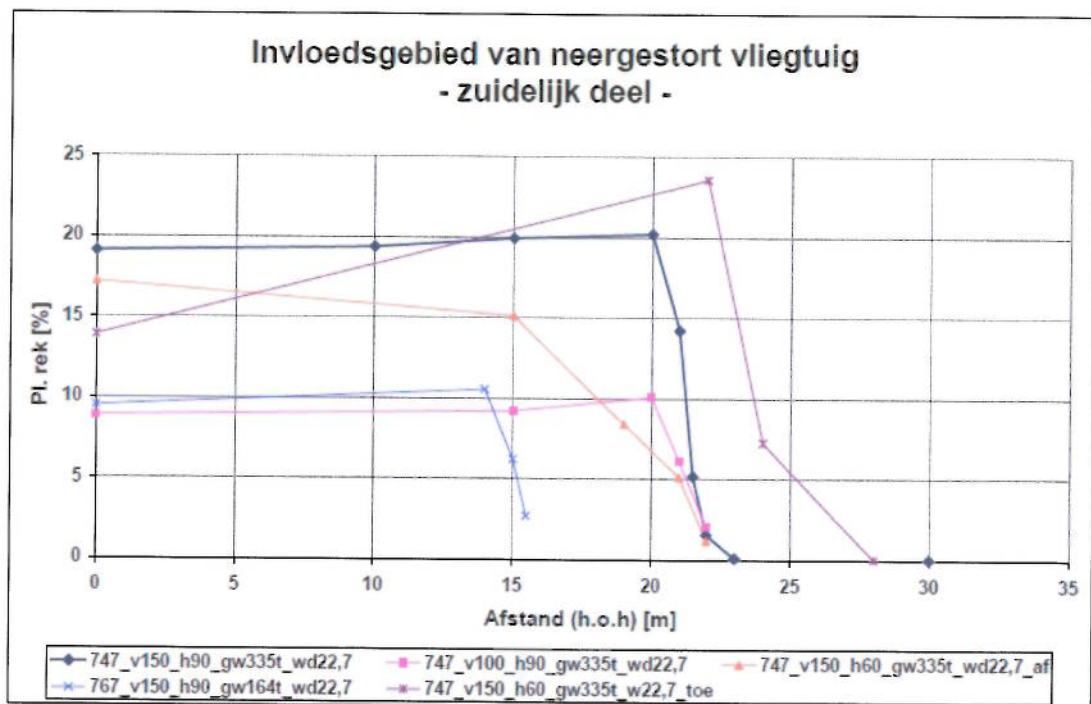
Deltares heeft geconstateerd dat een invloedsgebied van 4 meter breed geen juiste aanname was.

Deltares heeft de afstand tussen het zwaartepunt van het vliegtuig en de leiding berekend voor de zwaarste en grootste categorie vliegtuigen, waarop er geen effect meer optreedt op de leiding.

De resultaten van dit onderzoek zijn gerapporteerd in de notitie van Deltares met kenmerk1205314-000-GEO-0023 van 14 september 2012. De resultaten van deze studie zijn kort samengevat;

- Bij een large jet (747) is de afmeting van de invloedszone bij het neerstorten van een vliegtuig 44 m.

- De lengte van de romp blijkt voor de onderzochte typen vliegtuig een goede maat te zijn voor de grootte van het invloedsgebied.
- Het invloedsgebied is niet symmetrisch verdeeld aan weerszijden van de leiding. Het invloedsgebied is daar waar het vliegtuig zich van de leiding af beweegt steeds enkele meters kleiner. Dit geldt dus voor hoeken bij neerkomen kleiner dan 90 graden.
- In het gebied ten noorden van de Haarlemmerringvaart blijkt ook dat de lengte van de romp van het vliegtuig een goede maat is voor de grootte van het invloedsgebied. Wel is het invloedsgebied bij neerkomen van vliegtuig onder een hoek kleiner dan 90 graden groter dan in het zuidelijk gebied.



Figuur 1: de berekende rek gepresenteerd als functie van de afstand van het zwaartepunt van het vliegtuig (747 betreft grootste categorie vliegtuig, 767 is wide body jet 2) tot de aardgastransportleiding.

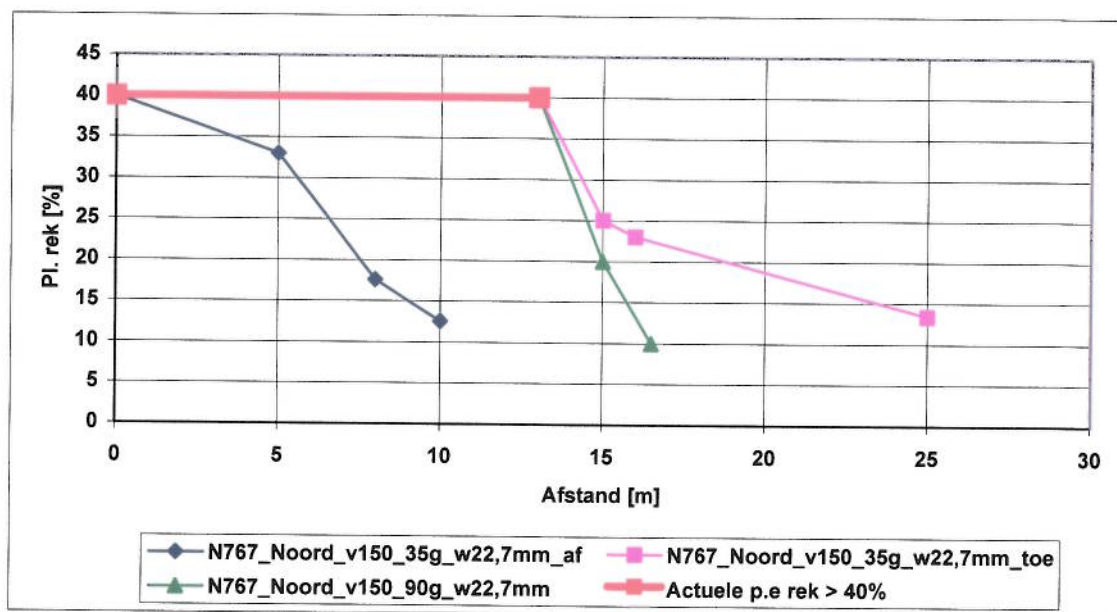
N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 2 oktober 2012

Ons kenmerk: PM-12-02931

Onderwerp: Reactie op second opinion RIVM inzake veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

Invloedsgebied van neerstortend vliegtuig noordelijk van Ringvaart



Figuur 2: de berekende rek gepresenteerd als functie van de afstand van het zwaartepunt van het vliegtuig (767 is wide body jet 2) tot de transportleiding. Voor de berekening van het invloedsgebied van de grootste categorie vliegtuigen (747) is geëxtrapolerd vanuit de gegevens van figuur 1.

Tabel 1: Invloedsstrook per vliegtuigcategorie

	Berekende invloedsstrook door Deltares [m] (ca de lengte van de romp)	Gehanteerde invloedsstrook door KEMA [m]
Large Jet (10%)	46	56
Wide Body Jet 1 (10%)	42	56
Wide Body Jet 2 (10%)	33	48
Medium Jet (70%)	25	38

Aanvullende QRA-berekening

Op basis van bovenstaande heeft DNV/KEMA voor zowel het gebied in de Haarlemmermeer als ten noorden van de Haarlemmerringvaart aanvullende veiligheidsberekeningen uitgevoerd.

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 2 oktober 2012

Ons kenmerk: PM-12-02931

Onderwerp: Reactie op second opinion RIVM inzake veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

Haarlemmermeer.

Voor de additionele faalfrequentie ten gevolge van vliegongevallen is een strook gehanteerd die conservatiever is dan de door Deltares voor dit gebied gerapporteerde in bijlage 2 (Notitie GEO -0024)

De volgende strookbreedtes met bijbehorende kansen dat een vliegtuigongeval tot schade leidt zijn toegepast;

Tabel 1: Strookbreedtes en het percentage vliegtuigen dat tot schade leidt bij 15% rekgrens

	Strookbreedte [m]	Schade 22.7mm [%]	Schade 15.9mm [%]
Large Jet (10%)	56	0.25	0.25
Wide Body Jet 1 (10%)	56	0.25	0.25
Wide Body Jet 2 (10%)	48	0	0.125
Medium Jet (70%)	38	0	0

De analyse is uitgevoerd met dezelfde leidingconfiguratie als gepresenteerd in het ontwerp Rijksinpassingsplan. Het blijkt dat bij de daar gedefinieerde maatregel waarbij tussen de coördinaten tussen (x,y -108294,476437) en (x,y- 108025,476437) een grotere wanddikte is toegepast, er geen overschrijding van het plaatgebonden risico optreedt.

Ten noorden van de Haarlemmerringvaart

Een QRA is voor het betreffende leidingdeel opgesteld in aanvulling op de in de QRA uit bijlage 15 van de milieueffectrapportage.

De additionele uitgangspunten die toegepast zijn omvatten:

- Toegepast leidingmateriaal heeft een wanddikte van 22,7 mm vanaf het punt met coördinaten 108889,489225 tot de eerste 3 pijplengtes in de HDD boring met de Haarlemmerringvaart die verder uitgevoerd is met een leiding met wanddikte 19,1 mm.
- Faalfrequenties t.g.v. vliegongevallen op basis van de variabele strookbreedtes en hoek van aanvliegen. De faalfrequenties van de vliegtuigen zijn verondersteld lineair te verlopen met de invloedstrookbreedte. Dit is door NLR bevestigd.
Naast de grotere strookbreedte wordt tevens rekening gehouden met de hoek van neerkomen van het vliegtuig ten opzichte van de leiding. Bij de bepaling van de strookbreedte is deze in de generieke berekening als "altijd loodrecht" op de leiding beschouwd. Deze aanname is echter conservatief; een vliegtuig dat vrijwel parallel aan de leiding vliegt mag veel dichterbij naderen dan in de tabel aangegeven, zonder dat het schade veroorzaakt. Wanneer wordt uitgegaan van een uniforme verdeling van vliegrichtingen, wordt de effectieve gemiddelde strookbreedte bepaald door te vermenigvuldigen met de volgende correctiefactor:

$$\frac{\sin(\theta)|d\theta|}{2\pi} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \sin(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi [\cos(\theta)]_0^\pi} = \frac{2}{\pi}$$

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 2 oktober 2012

Ons kenmerk: PM-12-02931

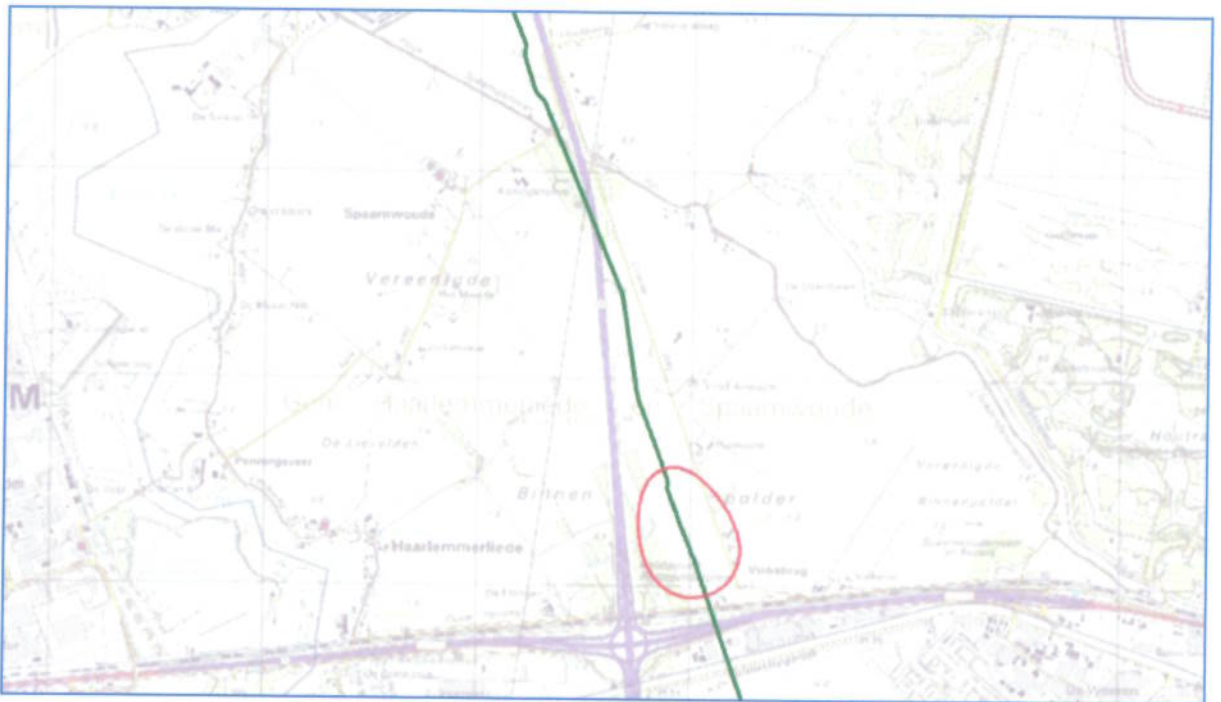
Onderwerp: Reactie op second opinion RIVM inzake veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

De afstand van het massamiddelpunt van het vliegtuig tot de leiding, waarbij het uiteinde (kop of staart) van het vliegtuig nog net de leiding raakt wordt bepaald met een sinus functie.

- De gehanteerde strookbreedte voor de large jet en wide body jet 1 is 56 meter, voor de wide body jet 2 is dit 44 meter en voor de medium jet is dit 38 meter. Dit zijn conservatieve waarden aangezien de analyse van Deltares aangaf dat de lengte van de romp een goede waarde is.

Resultaat

Uit de berekeningen op basis van het leidingontwerp uit het rapport volgt dat met bovenstaande aanpassingen een PR 10^{-6} per jaar contour ontstaat aan de noordzijde van de Haarlemmerringvaart.



Figuur 1: Plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} /jaar, noordelijk van de Haarlemmerringvaart. Door de 'slappe grond' dringen vliegtuigen zodanig in de grond, dat de leiding op 1,6m diepte geraakt kan worden.

Volgens de gehanteerde uitgangspunten is de enige manier waarop deze contour kan worden voorkomen, het verlengen van de in het ontwerp-inpassingsplan reeds geplande gestuurde boring; alleen wanneer de leiding met een diepe boring wordt aangelegd kan schade door

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 2 oktober 2012

Ons kenmerk: PM-12-02931

Onderwerp: Reactie op second opinion RIVM inzake veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

vliegtuigongevallen in de berekening worden uitgesloten. De diepte waarop schade zonder meer kan worden uitgesloten is 7 meter.

De gevoeligheidsanalyse wijst uit dat, mede op basis van de genoemde conservatieve strookbreedtes uit tabel 1, de diepe boring aan de noordzijde met 230 m verlengd dient te worden om geen PR 10^{-6} per jaar te veroorzaken.

Additionele maatregelen

1. Toepassen van 22, 7 mm pijp tussen coördinaten X,Y (108889;489525 en 108983.6,489225)
 2. Additioneel 230 meter diepteligging vanaf coördinaatpunten x, y (108983.6; 489225) aansluitend op de al gedefinieerde boring onder de noordelijke ringvaart.
- Het Deltares-rapport bevat onvoldoende informatie om te kunnen beoordelen of de resultaten juist en betrouwbaar zijn.

Reactie Gasunie:

Wij hebben begrepen dat dit punt door bilateraal overleg tussen het RIVM en Deltares is opgehelderd.

- Deltares berekent de mogelijkheid van het falen van een leiding voor de specifieke situatie dat het vliegtuig de leiding loodrecht nadert en horizontaal crasht. Het realiteitsgehalte van deze aanname is niet bekend en de gevoeligheid ervan op de uitkomsten ook niet.

Reactie Gasunie:

In de het aanvullend onderzoek is uitgebreid ingegaan op de afstand waarbij het neerkomen van een vliegtuig nog invloed heeft op de integriteit van de leiding. De berekening van de faalkans van de leiding ingeval de leiding loodrecht wordt aangevlogen is een berekening voor een extreme situatie.

- Het KEMA-rapport is summier en geeft niet duidelijk aan hoe de resultaten uit de NLR en Deltares rapporten zijn verwerkt in de berekeningen.

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 2 oktober 2012

Ons kenmerk: PM-12-02931

Onderwerp: Reactie op second opinion RIVM inzake veiligheidsrisico's vliegverkeer in relatie tot aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

Reactie Gasunie

Wij gaan ervan uit dat met de aanvullende rapportage van DNV KEMA dit punt is opgelost.

Afsluiting

Met deze brief en de bijgevoegde onderzoeken verwachten wij dat voldoende inzichtelijk is gemaakt wat het veiligheidsrisico is van het vliegverkeer is in relatie tot de aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden.

Hoogachtend,



Ir. F.C.M. van den Berg

Projectmanager aardgastransportleiding Beverwijk-Wijngaarden

Bijlagen:

- Memorandum Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding dd. 5 september 2012, met kenmerk VS 12.0437, afdeling Veiligheid Gasunie
- Rapportage van Deltares met kenmerk1205314-000-GEO-0022 dd.14 september 2012 (horend bij bovengenoemd memorandum).
- Rapportage van Deltares met kenmerk1205314-000-GEO-0023 dd.14 september 2012.
- Rapportage van Deltares met kenmerk 1205314-000-GEO-0024 dd. 14 september 2012.
- Rapportage van DNV/KEMA met kenmerk 74101452 GCS 12B.53115 dd. 2 oktober 2012.

Aan
F.C.M. van den Berg, H.J.
Brink

Van
A.H.M. Krom
Ons kenmerk
VS 12.0437

K.c.
Archief, H. Kamping

Datum
5 september 2012

Onderwerp
Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding

MEMORANDUM

ADVIES 3212

Inleiding

In de risicoanalyse voor de A-803 leiding (Beverwijk-Wijngaarden) wordt ondermeer de impact van neerstortende vliegtuigen in de nabijheid van de leiding beschouwd. Als de leiding door de impact van een vliegtuig lek raakt, zal dit leiden tot gasuitstroom en waarschijnlijk de gevolgen van het neerstortende vliegtuig vergroten. Het is dus van belang dat de leiding niet lekt.

In de risicoanalyse wordt gebruik gemaakt van eindige-elementenmodellen van vliegtuig, grond en leiding. Voor het modelleren van het elastisch-plastisch materiaalgedrag van de leiding zijn twee zaken van belang:

1. De ware spanningsrekcurve;
2. Het faal criterium.

In deze memo worden de curve en het faal criterium afgeleid. Het uitgangspunt is dat het buismateriaalgedrag als ductiel mag worden beschouwd onder de condities van de impact [1,2].

Ware spanningsrekcurve

De relatie tussen de (één-assige) spanning en de rek van een metaal wordt gebruikelijk met behulp van een trekproef bepaald. In een trekproef wordt een staaf onder een-assige trek uit elkaar getrokken. De verplaatsing en de kracht worden geregistreerd waaruit de gewone of engineering spanningsrekcurve wordt bepaald, zie Figuur 1. De spanning wordt bepaald door de kracht te delen door de oorspronkelijke dwarsdoorsnede van de trekstaaf. De rek wordt bepaald door de verplaatsing te delen door een standaard meetlengte. De belangrijkste parameters die worden vastgelegd in materiaalcertificaten zijn de rekgrens, treksterkte en breukrek. Deze laatste wordt overigens na de breuk van de trekstaaf gemeten over een meetlengte gelijk aan 5 maal de diameter van de trekstaaf.

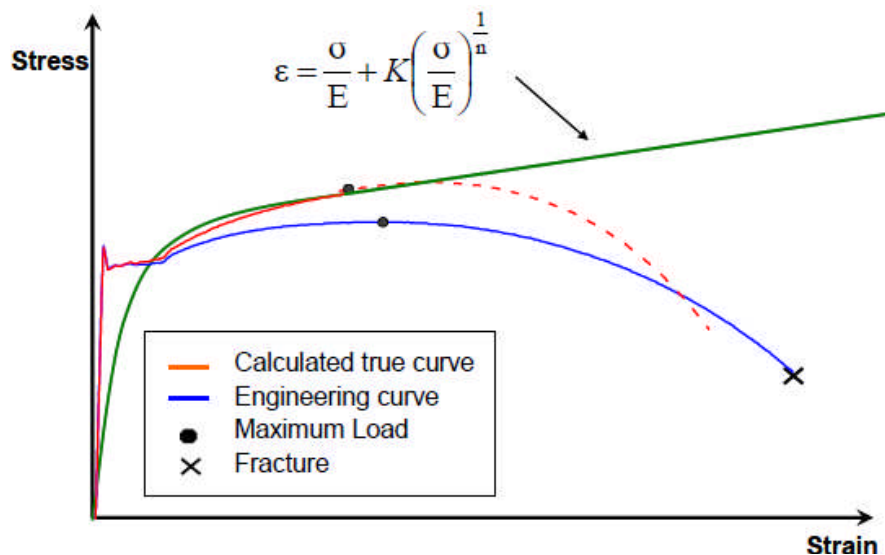
De gewone spanningsrekcurve is niet de ware relatie tussen de spanning en de rek van het materiaal in de trekstaaf. Dit komt omdat de dwarsdoorsnede van de trekstaaf tijdens het verlengen van de staaf verandert. Tot de maximale kracht (treksterkte) zal de doorsnede kleiner worden over de gehele lengte. Na de maximale kracht zal de trekstaaf insnoeren, althans voor ductiele materialen zoals buismateriaal van de Gasunie. Dit betekent dat de doorsnede in het midden van de trekstaaf kleiner wordt dan daarbuiten. Door de insnoering ontstaat ook een meer-assige spanningstoestand. Hierdoor zal de spanning in het insnoeringsgebied hoger zijn dan daarbuiten. Door hiervoor te corrigeren ontstaat de ware spanningsrekcurve, zie Figuur 1. De correctie is tot maximale kracht/treksterkte eenvoudig uit te voeren maar na maximale kracht niet.

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 5 september 2012

Ons kenmerk: VS 12.0437

Onderwerp: Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding



Figuur 1 Illustratie van de spanningsrekcurve [3]. De blauwe curve is de gewone of engineering spanningsrekcurve. De rode curve is verkregen uit de blauwe curve door alleen het directe effect van de doorsnede-vermindering te verdisconteren. De groene curve is de ware spanningscurve, verkregen uit de blauwe curve door ook het effect van de meer-assige spanningstoestand te verdisconteren.

API 579 [4] geeft een methode om de ware spanningsrekcurve te bepalen op basis van de rekgrens en treksterkte. De ware spanningsrekcurve kan worden beschreven door de Ramberg-Osgood relatie. De parameters voor deze relatie zijn bepaald met de minimum gespecificeerde waarden van L485MB buismateriaal, zie bijlage A. Volgens GTS MSW-01-E zijn de minimum gespecificeerde waarden voor de rekgrens en treksterkte respectievelijk 485 en 600 MPa. De verkregen ware spanningsrekcurve is weergegeven in Figuur 2. In deze figuur is ook de eerder gebruikte curve weergegeven. Deze curve geeft niet alleen een verkeerde relatie aan tussen spanning en rek (lineair verloop en na de treksterkte een daling) maar is ook onnodig conservatief. In de nieuwe EEM-berekeningen zal de curve gebruikt worden die bepaald is met de API-methode op basis van de minimum gespecificeerde waarden van L485MB buismateriaal.

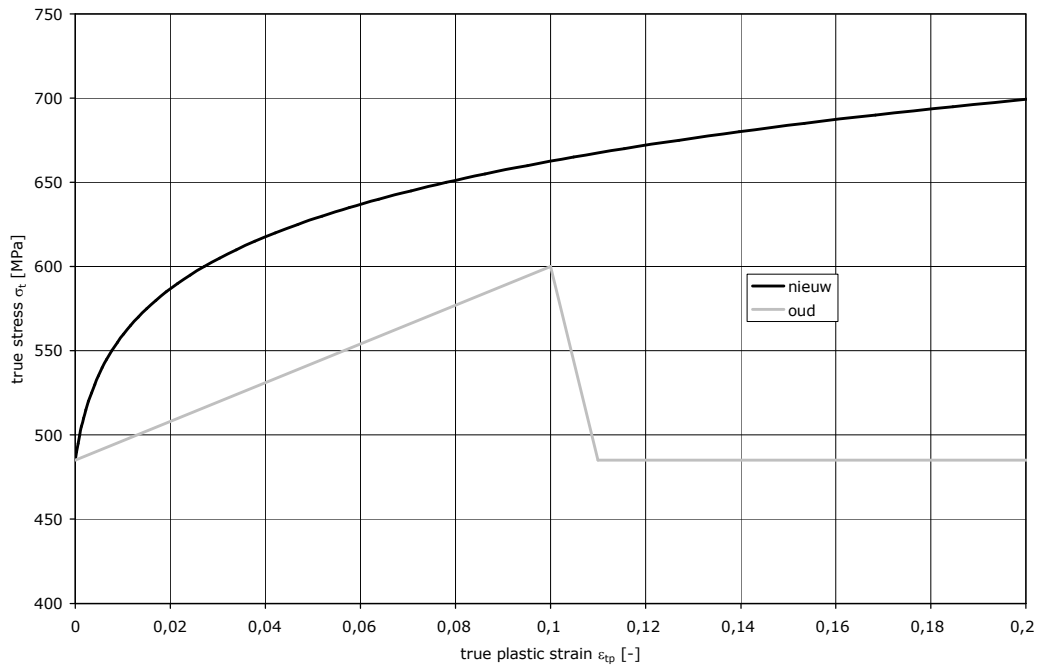
Voor de A-803 leiding zullen ondermeer 48" buizen met een wanddikte van 19,1 mm gebruikt worden. Hiervan zijn 3.2 keuringsrapporten (materiaalcertificaten) beschikbaar. Om aan te tonen dat de minimum gespecificeerde waarden inderdaad lager zijn dan de werkelijk waarden voor de rekgrens en treksterkte zijn uit de keuringsrapporten de gemiddelde en 97,5% ondergrens waarden voor de rekgrens en treksterkte bepaald, zie Tabel A.1. Hieruit volgt dat deze waarden significant hoger zijn. Hierdoor zijn ook de ware spanningsrekcurven hoger, zie Figuur 3. Een hogere curve betekent dat het materiaal een grotere weerstand heeft tegen vervormingen. Overigens zijn de gemiddelde en 97,5% ondergrens waarden voor de breukrek zijn 20,7% en 18,4% (gewone rek).

N.V. Nederlandse Gasunie

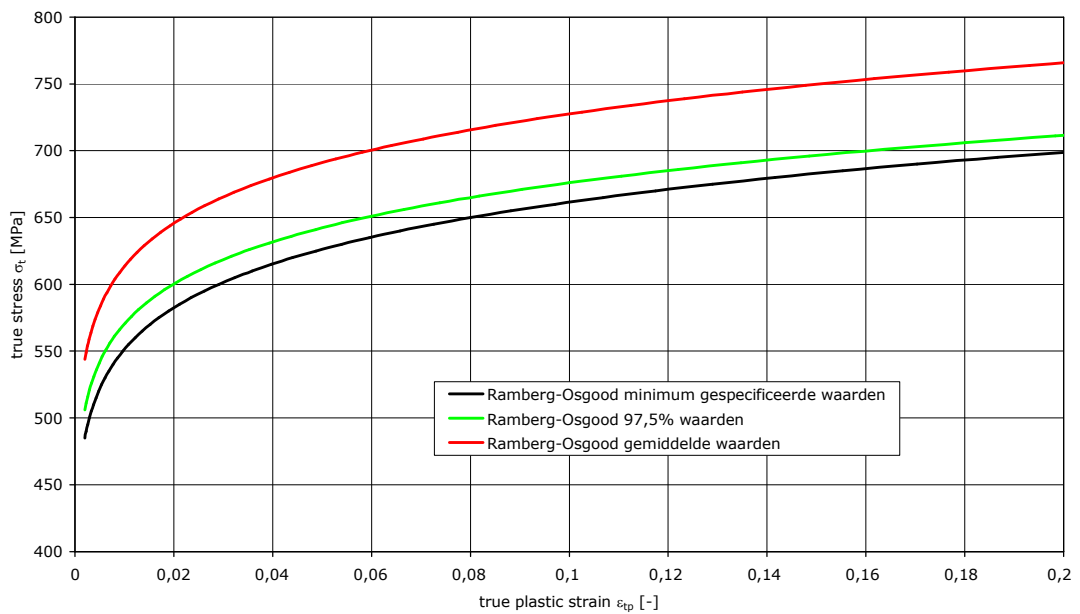
Datum: 5 september 2012

Ons kenmerk: VS 12.0437

Onderwerp: Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding



Figuur 2 Ware spanningsrekcurve voor L485 MB buismateriaal: 'oud' is de oorspronkelijke door Deltares gebruikte curve, 'nieuw' is de Ramberg-Osgood relatie gebaseerd op minimum gespecificeerde waarden, zie bijlage A.



Figuur 3 Ware spanningsrekcurve voor L485 MB buismateriaal bepaald met API 579-methode uitgaande van minimum gespecificeerde, 97,5% ondergrens, en gemiddelde waarden voor rekgrens en treksterkte, zie bijlage A voor overige gegevens.

N.V. Nederlandse Gasunie

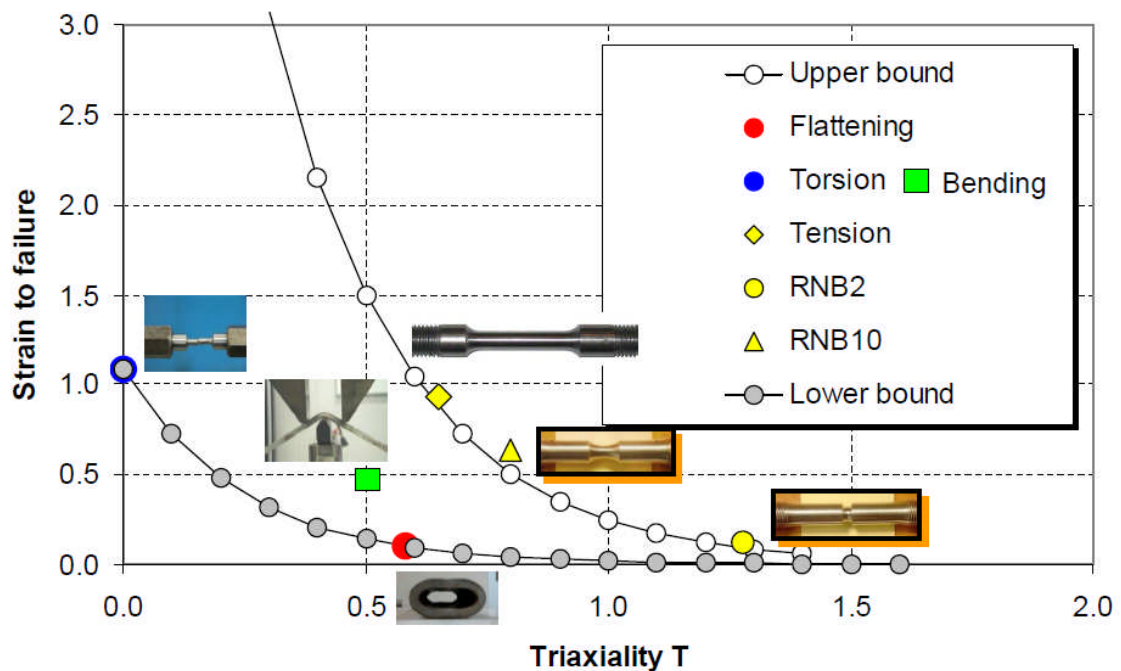
Datum: 5 september 2012

Ons kenmerk: VS 12.0437

Onderwerp: Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding

Faalcriterium

De maat voor ductiel bezwijken is de faalrek (breukrek). Hoe ductieler het materiaal is, hoe groter de faalrek is. Uit experimenten aan trekstaven en andere geometrieën (gekerfde staven) en belastingen (torsieproef) blijkt dat de faalrek niet een materiaalconstante is [3,5]. Verschillende combinaties van proefstukgeometrie en belasting leiden tot verschillende faalrekken, zie Figuur 4. Dit betekent dat de faalrek van een leiding waarnaast een vliegtuig neerstort niet gelijk is aan de faalrek van een trekstaaf. Niet alleen is de geometrie verschillend maar ook de belastingconditie. Het falen zal meer lijken op 'flattening' uit Figuur 4.



Figuur 4 Illustratie van de faalrek van verschillende proefstukgeometrieën en belastingcondities [5] als functie van de triaxialiteit met de onder- en bovengrens (lower bound: $X=0$, upper bound: $|X|=1$).
Let op dat de verticale as de absolute ware faalrek weergeeft.

Met behulp van eindige-elementenmodellering is gebleken dat de faalrek ook afhankelijk is van de triaxialiteit (de horizontale as van Figuur 4). Deze parameter is een maat voor hydrostatische spanning ofwel de alzijdige trekspanning. In Bijlage B wordt de definitie gegeven. Het mechanisme "ductiel bezwijken" (initiatie, groei en samenklontering van holtes) is inderdaad exponentieel afhankelijk van de hydrostatische spanning (zie bijvoorbeeld p. 314 van Referentie 6).

Voor lage-rek grensbuizen zoals X65 (vergelijkbaar met L450) is de faalrek alleen een functie van de triaxialiteit, zie Figuur 5. Voor hoge-rek grens staalsoorten (X80) bleek nog een tweede parameter invloed te hebben, de deviatorische spanning. In Bijlage B wordt de

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 5 september 2012

Ons kenmerk: VS 12.0437

Onderwerp: Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding

definitie gegeven. In Figuur 4 wordt ook de relatie tussen faalrek en triaxialiteit bij twee extremen van de deviatorische parameter ($X=0$ en $|X|=1$).

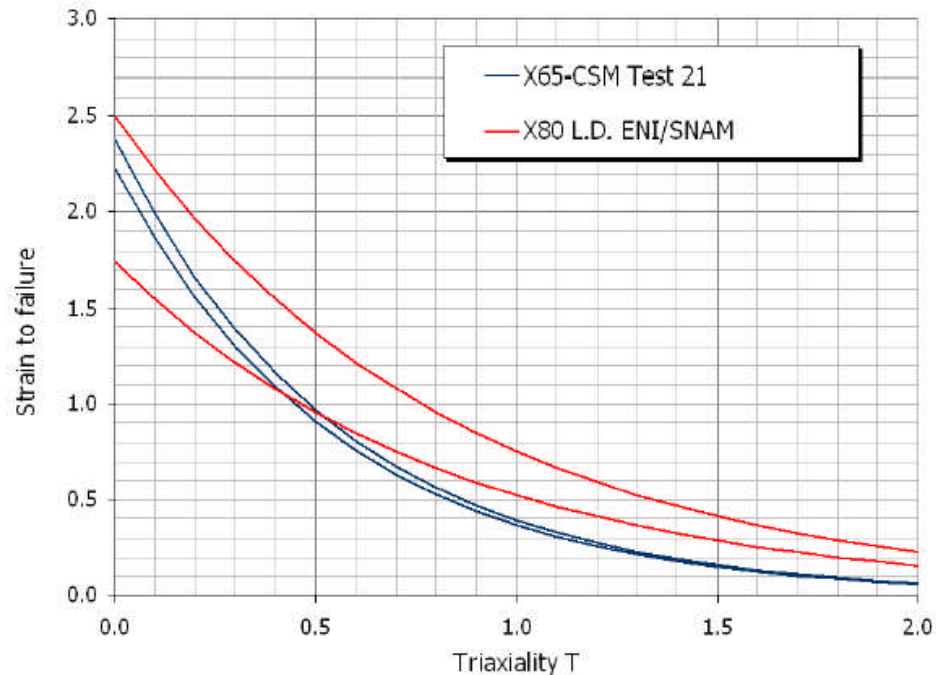


Figure 53 - Strain limit curves for grade steels < X80

Figuur 5 Faalrek voor X65 (L450) en X80 (L555) [3]

Let op dat de verticale as de absolute ware faalrek weergeeft.

De faalrek als functie van de triaxialiteit en de deviatorische parameter zijn niet beschikbaar voor L485MB buismateriaal of voor het vergelijkbare X70. Er wordt aangenomen dat het bezwijkgedrag van L485MB tussen X65 en X80 materiaalgedrag in ligt. Voor het afleiden van de faalrek van een leiding door de impact van een vliegtuig zijn de triaxialiteit T en deviatorische parameter X nodig. Uit berekeningen van Deltares blijkt dat in het element waar de grootste plastische rek optreedt de triaxialiteit niet groter wordt dan 0,7 en de deviatorische parameter X van 0,9 bij 0% plastische rek daalt naar 0,4 bij 19% plastische rek [7]. Bij een triaxialiteit van 0,7 geeft de faalcurve van X65 de laagste faalrek en speelt de deviatorische parameter nauwelijks een rol. Aflezen in Figuur 5 geeft een ware faalrek van 60%. Om conservatief te zijn (de curven zijn gemiddelde curven) en om geometrische afwijkingen zoals de lasverbindingen mee te nemen wordt de maximale faalrek 20%. In de eindige-elementenmodellering kan deze direct getoetst worden met de berekende equivalente plastische rek.

Conclusie

In deze memo is een ware spanningscurve voor L485 buismateriaal afgeleid op basis van minimum gespecificeerde waarden voor rekgrens en treksterkte. Met deze curve kan het elastisch-plastisch materiaalgedrag van de buis worden meegenomen in de eindige-

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 5 september 2012

Ons kenmerk: VS 12.0437

Onderwerp: Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding

elementenmodellering van de impact van een vliegtuig op een leiding. De berekende plastische rekken zullen conservatief zijn.

Voor het faal criterium is een waarde afgeleid op basis van faalcurven van X65 (L450) en X80 (L555) buismateriaal. Dit criterium is conservatief gesteld op een ware plastische rek 20%.

Referenties

- [1] M. Tagnaouti, Assessment of gas transport pipeline DN 1200 subjected to exceptional plastic deformation, Tebodin rapport 42380-01-21-2632-02, 10-1-2012
- [2] J. Spiekhout, Review rapport Tebodin "Assessment of gas transport pipeline DN 1200 subjected to exceptional plastic deformation – Gastransportleiding Beverwijk – Wijngaarden A-803", KEMA rapport 7-3-2012
- [3] M. di Biagio, et al., Development of a reliable method for the evaluation of ductile fracture propagation resistance for high grade steel pipelines, progress report rev. 2 subtask 1.2 and task 2, EPRG research project 146
- [4] API 579-1/ASME FFS-1, Fitness-for-service, 5-6-2007
- [5] T. Coppola, CSM plastic damage and fracture model, presentation held at 26-6-2010 in Rome at EPRG Materials meeting, EPRG research project 146
- [6] T.L. Anderson, Fracture mechanics, fundamentals and application, 1991
- [7] Deltares, Spanningen en vervorming van de 48" gasleiding bij vliegtuig impact, 1205314-000-GEO-0022-b, 31-8-2012

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 5 september 2012

Ons kenmerk: VS 12.0437

Onderwerp: Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding

Bijlage A Ramberg-Osgood relatie

De onderstaande vergelijkingen zijn overgenomen uit Referentie 4. De Ramberg-Osgood relatie is gedefinieerd als:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_e + \varepsilon_p = \frac{\sigma_t}{E} + \left(\frac{\sigma_t}{H} \right)^{1/n} \quad (\text{A.1})$$

waarin ε_t de ware rek, de ε_e elastische rek, ε_p de plastische rek, σ_t de ware spanning, E de elasticiteitsmodulus, n de verstevigingsexponent en H een constante.

De exponent n kan als volgt worden bepaald:

$$n = \frac{1 + 1,3495 \left(\frac{\sigma_{ys}}{\sigma_{uts}} \right) - 5,3117 \left(\frac{\sigma_{ys}}{\sigma_{uts}} \right)^2 + 2,9643 \left(\frac{\sigma_{ys}}{\sigma_{uts}} \right)^3}{1,1249 + 11,0097 \left(\frac{\sigma_{ys}}{\sigma_{uts}} \right) - 11,7464 \left(\frac{\sigma_{ys}}{\sigma_{uts}} \right)^2} \quad (\text{A.2})$$

De constante H kan als volgt worden bepaald:

$$H = \frac{\sigma_{uts} \varepsilon^n}{n^n} \quad (\text{A.3})$$

Het resultaat met gegevens van L485MB buizen is gegeven in Tabel A.1. De curve 'nieuw' in Figuur 2 is met $1,97 \cdot 10^{-3}$ verschoven opdat de curve begint bij 0 plastische rek.

Tabel A.1 Waarden voor de rekgrens, treksterkte en de Ramberg-Osgood parameters n en H. De gemiddelde en 97,5% ondergrenswaarde zijn bepaald aan van materiaalcertificaten van DN1200, 19,1 mm buizen

	σ_{ys} [MPa]	σ_{uts} [MPa]	n [-]	H [MPa]
minimum gespecificeerd (GTS MSW-01)	485	600	0,079	794
97,5% ondergrens	506	614	0,074	801
gemiddelde	543	660	0,074	862

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 5 september 2012

Ons kenmerk: VS 12.0437

Onderwerp: Elastisch-plastisch materiaalgedrag A-803 leiding

Bijlage B Triaxialiteit parameter T en deviatorische parameter X

De spanningstoestand in een continuüm laat zich beschrijven met 3 normaalspanningen: σ_1 , σ_2 en σ_3 .

De hydrostatische spanning σ_m is gedefinieerd als:

$$\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \quad (\text{B.1})$$

De equivalente spanning σ_e is gedefinieerd als:

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad (\text{B.2})$$

De deviatorische spanning σ_d is gedefinieerd als:

$$\sigma_d^3 = \frac{27}{2}(\sigma_1 - \sigma_m)(\sigma_2 - \sigma_m)(\sigma_3 - \sigma_m) \quad (\text{B.3})$$

De triaxialiteit parameter T is gedefinieerd als:

$$T = \frac{\sigma_m}{\sigma_e} \quad (\text{B.4})$$

De deviatorische parameter X is gedefinieerd als:

$$X = \sqrt[3]{\frac{\sigma_d}{\sigma_e}} \quad (\text{B.5})$$

De deviatorische parameter X heeft twee extremen: $X=0$ en $|X|=1$.

De faalrek laat zich als volgt beschrijven:

$$\varepsilon_f = C_1 e^{-C_2 T} \quad (\text{B.6})$$

Voor de X65 en X80 ondergrens faalcurven ($X=0$) in Figuur 5 zijn C_1 en C_2 constanten gefit.

De waarden worden gegeven in Tabel B.1.

Tabel B.1 Waarden voor de constanten C_1 en C_2 constanten.

	C_1 [-]	C_2 [-]
X65	2,2	1,79
X80	1,7	1,06

Gasunie
T.a.v. F.C.M. van den Berg
Postbus 19
9700 MA GRONINGEN

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
14 september 2012	1205314-000-GEO-0022	3
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
David Nugroho	+31 (0)88 33 57 215	david.setiawan@deltares.nl

Onderwerp

Spanningen en vervorming van de 48 " gasleiding bij vliegtuig impact

Geachte heer Van den Berg,

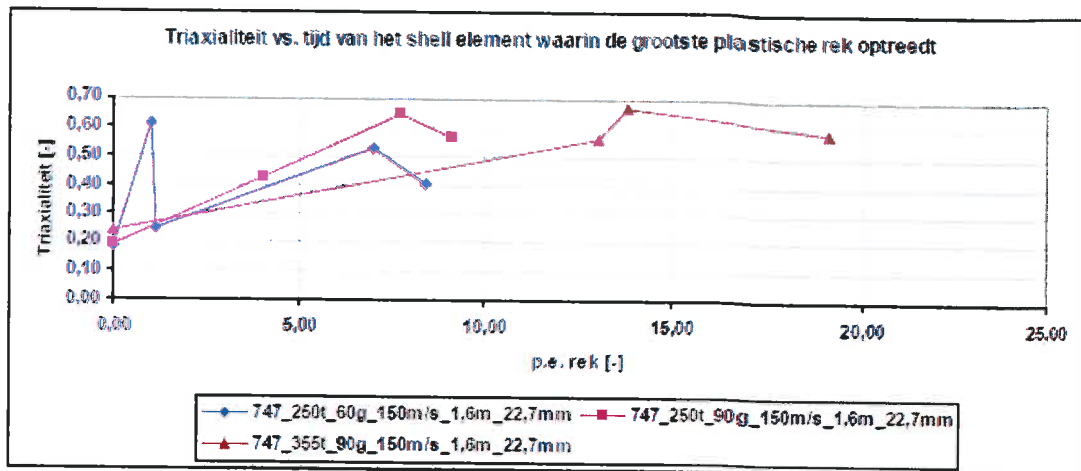
Hierbij u onze notitie betreffende spanningen in de leiding en de plastische reksnelheid van de 48" gasleiding bij vliegtuig impact. Naast reksnelheid worden in deze notitie de spanningstoestandparameter triaxialiteit (T) en de deviatorische parameter (X) bij vliegtuig impact beschreven. De informatie omtrent reksnelheid, triaxialiteit en X kan worden gebruikt voor het bepalen van toelaatbare equivalente plastische, waarboven de leiding ontoelaatbare schade ondervindt.

In de rapportage van Deltares 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012 is een analyse van neerstortende vliegtuigen op een aan te leggen gasleiding beschreven. Modelering van de leiding en de omringende grond alsmede de vliegtuig variabelen zijn in deze rapportage beschreven. De berekeningen die in deze notitie worden beschreven zijn uitgevoerd conform deze rapportage.

Triaxialiteit en X

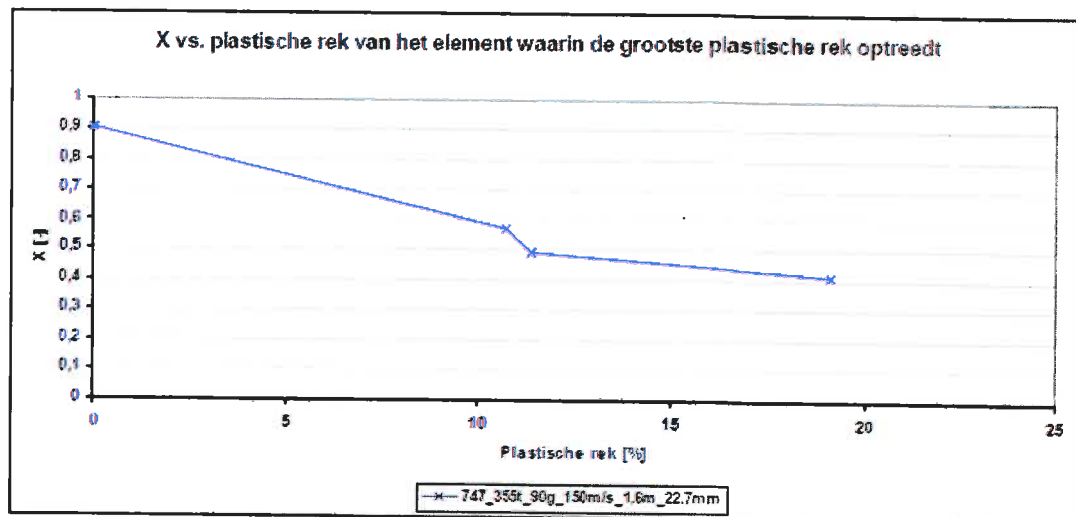
Het zwaarste vliegtuig 747 is genomen om de triaxialiteit en X van de leiding te berekenen.

Figuur 1 laat zien een grafiek van triaxialiteit en de plastische rek zien. De lijnen representeren verschillende impactsnelheden en inslaghoeken. De T-waarden zijn afkomstig van het shell element in de leiding met de grootste plastische rek. Het kan worden geconcludeerd dat de triaxialiteit maximaal tot 0,66 kan oplopen bij vliegtuig impact.



Figuur 1. Grafiek van triaxialiteit t.o.v. plastische rek van vliegtuig 747 met verschillende impactsnelheid en inslaghoek.

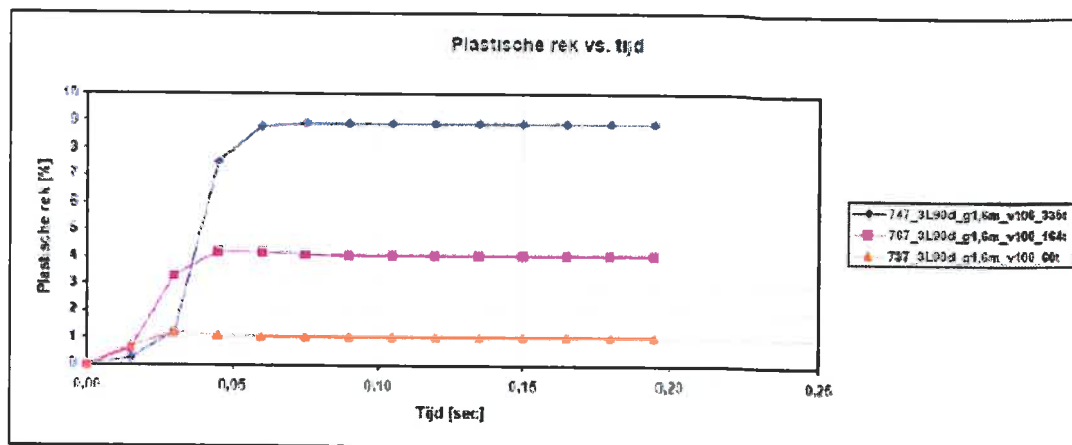
Figuur 2 laat zien hoe de waarde van X van een Shell element met de grootste plastische rek afneemt bij toename van de plastische rek. De berekeningsresultaten zijn van een impact met het grootste en zwaarste vliegtuig (747).



Figuur 2. Grafiek van X t.o.v. plastische rek van vliegtuig 747 met impactsnelheid 150 m/s en inslaghoek 90 graden.

Snelheid van plastische rek

Figuur 3 laat zien een grafiek van de plastische rek en de tijd na impact zien. In de grafiek zijn verschillende vliegtuigen (747, 767 en 737) weergegeven. Het kan worden gezien dat de equivalente plastische rek na een bepaalde tijd constant wordt. Hoe zwaarder het vliegtuig, hoe groter de plastische rek en hoe groter de reksnelheid.



Figuur 2. De snelheid van plastische rek t.o.v. de tijd na impact voor verschillende vliegtuigen.

Voor informatie en/of toelichting op deze brief kunt u contact opnemen met de heer H.M.G. Kruse, telefoonnummer 088 33 57 354 of met de heer D.S. Nugroho, telefoonnummer 088 33 57 215.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

ir. D.S. Nugroho
Adviseur

Paraaf 
dr. H.M.G. Kruse

Gasunie
 T.a.v. F.C.M. van den Berg
 Postbus 19
 9700 MA GRONINGEN

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
14 september 2012	1205314-000-GEO-0023	5
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
David Nugroho	+31 (0)88 33 57 215	david.setiawan@deltares.nl

Onderwerp

Bepaling van de afmetingen van de invloedzone bij het neerstorten van een vliegtuig in de nabij van een gasleiding bij Schiphol

Geachte heer Van den Berg,

Hierbij ontvangt U onze bevindingen omtrent het bepalen van de afmetingen van de invloedzone bij het neerstorten van een vliegtuig in de nabij van een gasleiding bij Schiphol

Inleiding

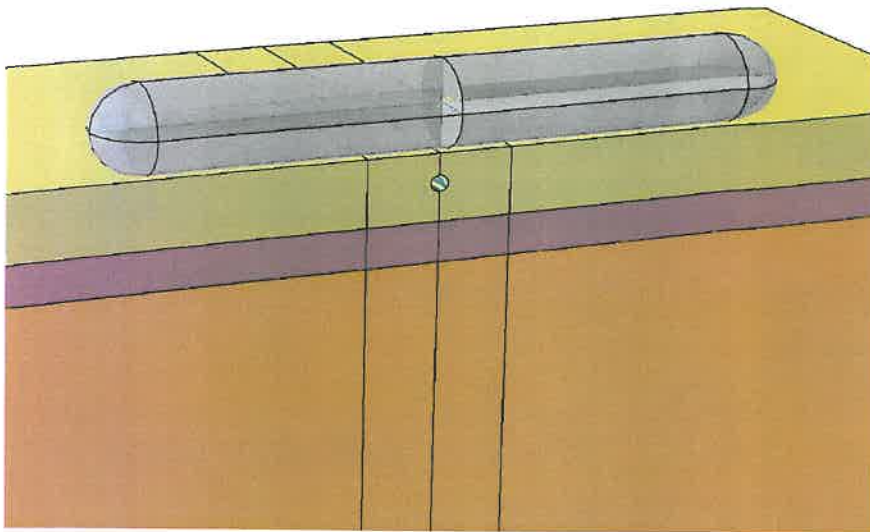
In de rapportage van Deltares 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012 is een analyse van neerstortende vliegtuigen op een aan te leggen gasleiding beschreven. Deze analyse is uitgevoerd voor verschillende typen vliegtuigen (zie onderstaande tabel uit onze voorgaande rapportage).

Type	Diameter [m]	Lengte rechte cilinder deel [m]	Massa [ton]	
			Start	Landing
Large Jet (747-400)	6.50	46.5	335	250
Wide Body Jet 1 (Airbus 340-400/777)	6.00	42	273	216
Wide Body Jet 2 (767/A330)	5.04	33	164	130
Medium Jet (737-200/A320)	3.76	25	60	55

Tabel 1 Gebruikte vliegtuig schematisaties.

De analyse is gebaseerd op resultaten van berekeningen met het software pakket ABAQUS. In de rapportage is steeds een berekening gemaakt voor vliegtuigen die met het zwaartepunt (midden van het vliegtuig in Figuur 1) boven de as van de leiding neerstorten.

Om te onderzoeken op welke afstand een neerstortend vliegtuig de aan te leggen gasleiding nog significant beïnvloed zijn berekeningen gemaakt met het zwaarte punt van het vliegtuig op verschillende afstanden van de leiding. Er zijn berekeningen gemaakt voor het verticaal neerstorten van het vliegtuig en het neerstorten van het vliegtuig onder een hoek. Aangezien de grondslag van het noordelijk deel (ten noorden van de ringvaart) van het Schiphol gebied significant afwijkt van het zuidelijk deel zijn zowel voor het noordelijk deel als voor het zuidelijk deel berekeningen gemaakt. Het noordelijk deel kenmerkt zich door een zeer slappe toplaag. De eigenschappen van de grondlagen zijn beschreven in Deltares 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012.



Figuur 1 Samengesteld model met vliegtuigschematisatie en leiding

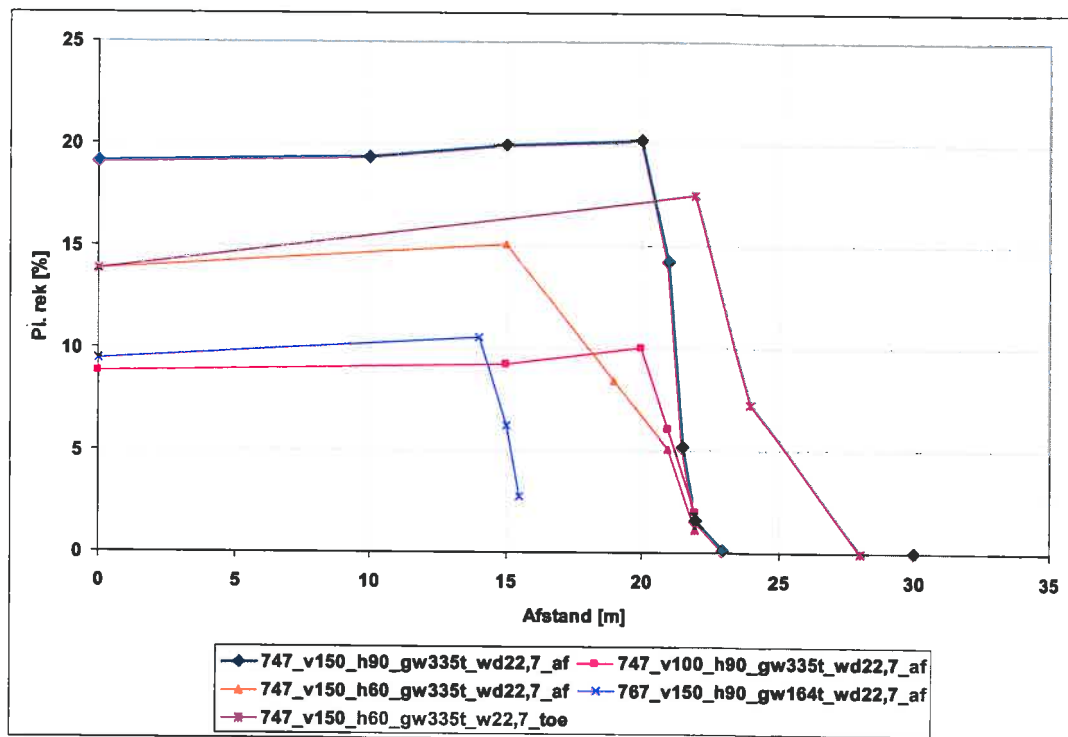
Bij de berekeningen van het neerstorten van het vliegtuig wordt de equivalente plastische rek in de leiding berekend. De optredende plastische rek bij neerstorten wordt dan vergeleken met de toelaatbare plastische rek. In de rapportage 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012 is op conservatieve wijze uitgegaan van een toelaatbare plastische rek van 8%. Deze waarde is destijds ad hoc door Gasunie voorgesteld. Recente inzichten wijzen uit dat de toelaatbare plastische rek fors hoger is. Door Gasunie wordt de maximaal toelaatbare plastische rek vastgesteld op 20%. In deze notitie omtrent de afmetingen van de invloedzone bij het neerstorten van een vliegtuig wordt op conservatieve wijze een toelaatbare rek van 15 % gehanteerd.

Resultaten berekeningen

De resultaten van de 'afstandberekeningen' zijn weergegeven in de Figuren 2 en 3. In Figuur 2 zijn de resultaten van de afstandssommen voor het zuidelijk deel weergegeven.

Zuidelijk deel

Er zijn berekeningen gemaakt met het zwaarste en grootste vliegtuig met de hoogste snelheid. Er zijn zowel berekeningen gemaakt met het neerstorten onder 90 graden (verticaal) als onder een hoek van 60 graden. Bij het neerstorten onder 60 graden is onderscheid gemaakt in het neerstorten naar de leiding toe en het neerstorten van de leiding af. Bij het neerstorten onder een hoek naar de leiding toe wordt de leiding vanzelfsprekend zwaarder belast.



Figuur 2 Resultaten Zuidelijke deel (de helft van het invloedsgebied)

Uit de bovenstaande Figuur 2 volgt dat bij verticaal neerstorten (90 graden) de afmeting van de invloedszone gelijk is aan twee maal de helft van de lengte van het vliegtuig (uitgaande van een toelaatbare plastische rek van 15%). Dit volgt ook uit de resultaten van de 90 graden berekeningen met het Widebody jet 2 (767). Bij een large jet (747) is de afmeting van de invloedszone bij het neerstorten van een vliegtuig dus gelijk aan 2 maal 22 m = 44 m.

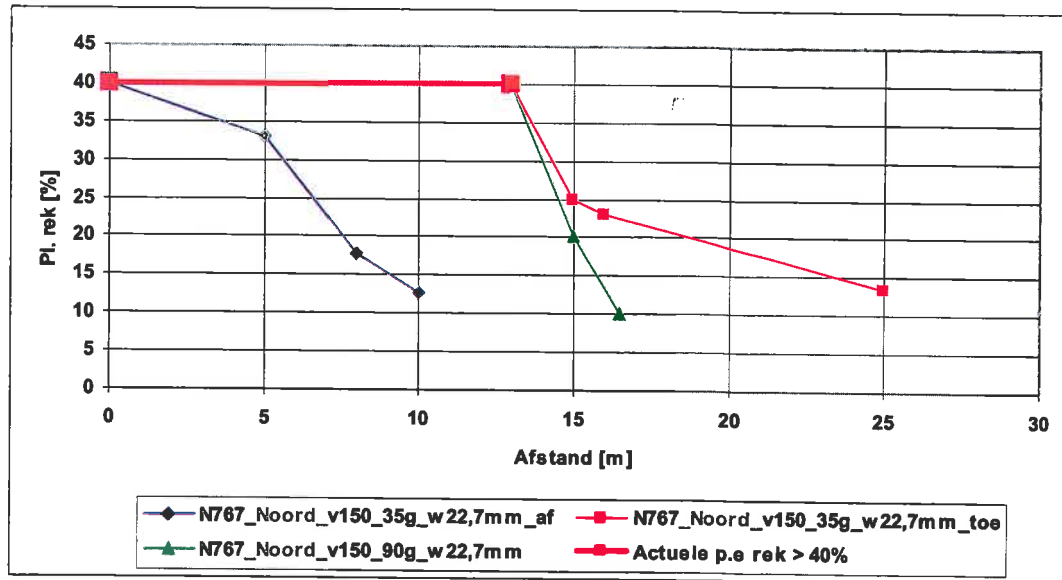
Bij het neerstorten onder een hoek blijkt dat in het zuidelijk deel met een relatief stijve topplaat er enig effect te zien is van de richting van het neerstorten van het vliegtuig. Bij het van de

leiding af neerstorten onder een hoek van 60 graden is het invloedsgebied bij een toelaatbare plastische rek van 15% ca 5 m (tussen 15 m en 19 m zijn geen berekeningen uitgevoerd) kleiner dan bij het neerstorten onder 90 graden. Bij het naar de leiding toe neerstorten onder een hoek van 60 graden is het invloedsgebied bij een toelaatbare plastische rek van 15% 2 m groter dan bij het neerstorten onder 90 graden.

De een afmeting van de invloedszone is in het zuidelijke deel met een stijve toplaag gelijk aan twee maal de helft van de lengte van het vliegtuig.

Noordelijke deel

Vanwege de slappe toplaag en de daardoor hoge optredende plastische rekken (volledig bezwijken van de leiding) in het noordelijke deel, zijn geen berekeningen gemaakt met het zwaarste en grootste vliegtuig. Er zijn berekeningen gemaakt met het neerstorten van een Widebody jet 2 (767). De berekeningen zijn volledig uitgevoerd voor rekken kleiner dan 40%. Bij Plastische rekken groter dan 40% is de berekening vanwege de tijd voortijdig afgebroken. Er zijn zowel berekeningen gemaakt voor neerstorten onder een hoek van 90 graden (verticaal) als onder een hoek van 35 graden (bij 60 graden is de optredende plastische rek te hoog voor een adequate afstandsbeplating).



Figuur 3 Resultaten Noordelijke deel

Uit de bovenstaande Figuur 3 volgt dat bij verticaal neerstorten (90 graden) de afmeting van de invloedszone gelijk is aan twee maal de helft van de lengte van het vliegtuig (uitgaande van een toelaatbare plastische rek van 15%).

Bij het neerstorten onder een hoek blijkt dat in het noordelijk deel met een relatief slappe toplaag er duidelijk effect te zien is van de richting van het neerstorten van het vliegtuig. Bij het van de leiding af neerstorten onder een hoek van 35 graden is het invloedsgebied bij een toelaatbare plastische rek van 15% ca 7 m kleiner dan bij het neerstorten onder 90 graden. Bij



Datum
14 september 2012

Ons kenmerk
1205314-000-GEO-0023

Pagina
5/5

het naar de leiding toe neerstorten onder een hoek van 35 graden is het invloedsgebied bij een toelaatbare plastische rek van 15% ca 7 m groter dan bij het neerstorten onder 90 graden.

De een afmeting van de invloedszone is in het noordelijke deel met een slappe toplaag gelijk aan twee maal de helft van de lengte van het vliegtuig.

Conclusie

Op basis van berekeningen met het zwaarte punt van het vliegtuig op verschillende afstanden van de leiding zijn de afmetingen van de invloedszones bij het neerstorten van verschillende vliegtuigen de nabij een gasleiding vast gesteld. Er zijn berekeningen gemaakt voor het verticaal neerstortend van het vliegtuig en het neerstorten van het vliegtuig onder een hoek


Uit de berekeningen volgt dat de afmeting van de invloedszone gelijk is aan twee maal de helft van de lengte van het vliegtuig.

Voor informatie en/of toelichting op deze brief kunt u contact opnemen met de heer H.M.G. Kruse, telefoonnummer 088 33 57 354 of met de heer D.S. Nugroho, telefoonnummer 088 33 57 215.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

ir. D.S. Nugroho
Adviseur

Paraaf 
dr. H.M.G. Kruse

Gasunie
T.a.v. F.C.M. van den Berg
Postbus 19
9700 MA GRONINGEN

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
24 september 2012	1205314-000-GEO-0024v2	19
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
David Nugroho	+31 (0)88 33 57 215	david.setiawan@deltares.nl

Onderwerp

Overzicht berekeningsresultaten van de impact van neerstortende vliegtuigen op een aan te leggen gasleiding

Geachte heer Van den Berg,

Hierbij ontvangt U ons overzicht van de berekeningsresultaten van de impact van neerstortende vliegtuigen op een aan te leggen gasleiding bij Schiphol.

In de rapportage van Deltares 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012 is een analyse van neerstortende vliegtuigen op een aan te leggen gasleiding beschreven. Aangezien verschillende parameters van invloed zijn op de gevolgen van een ongeval, is een verdeling gemaakt in verschillende typen vliegtuigen. De typen vliegtuigen die worden onderscheiden zijn:

- Large jet, zoals de Boeing 747.
- Wide body jet 1, zoals de Boeing 777 en de Airbus A340.
- Wide body jet 2, zoals de Boeing 767 en de Airbus A330.
- De medium jet, zoals de Boeing 737 en de Airbus A320.

De vliegtuigen kunnen met een verschillend gewicht bij start of landing (dat verschilt vanwege brandstofpeil) bij een ongeval betrokken zijn. Ook de snelheid van het vliegtuig en de hoek van het neerkomen van het vliegtuig kan variëren. In onze rapportage 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012 zijn reeds tabellen met berekeningsresultaten voor vliegtuigongevallen (ongeval volgens een combinatie van de genoemde variabelen) gerapporteerd. In deze brief zijn de tabellen aangevuld met nieuwe berekeningsresultaten van nog niet berekende combinaties van variabelen.

In de rapportage 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012 is op conservatieve wijze uitgegaan van een toelaatbare rek van 8 % aangenomen. Deze waarde is destijds ad hoc door Gasunie voorgesteld. Recente inzichten wijzen uit dat de toelaatbare plastische rek fors hoger is. Door Gasunie wordt de maximaal toelaatbare plastische rek vastgesteld op 20 %. In deze notitie worden tabellen weergegeven met een maximaal toelaatbare plastische rek van 15 %.

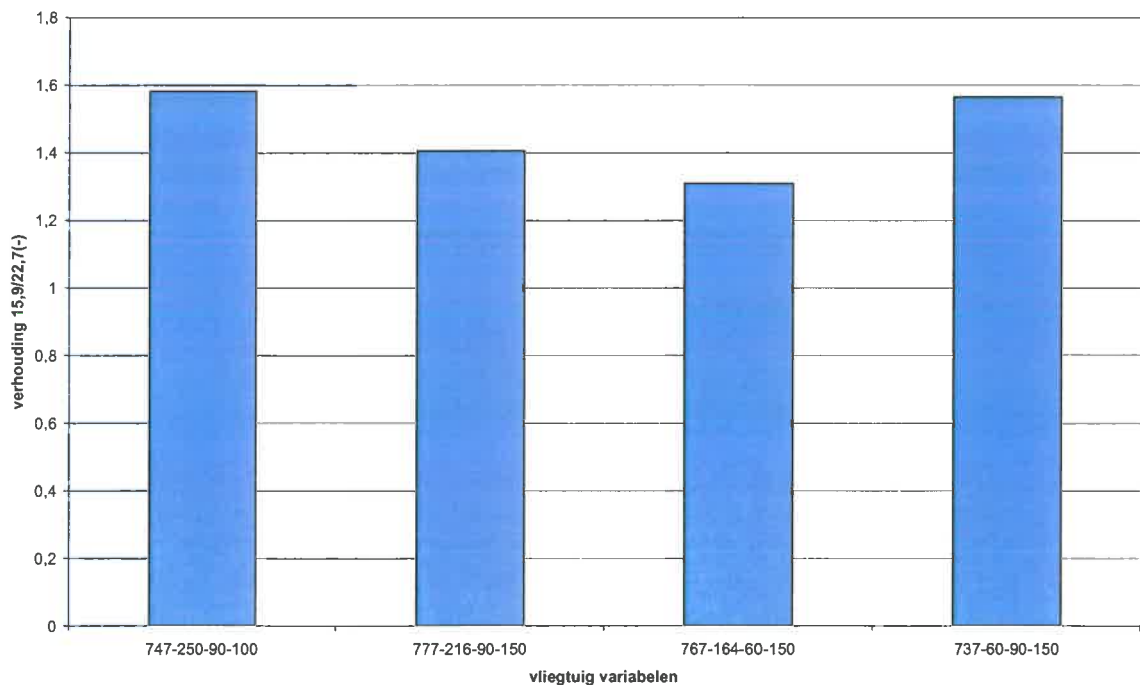


Gedurende het project bleek dat de Deltares berekening waren gebaseerd op een samengestelde spanning-rek relatie voor het staal L485 , ook bekend als X70 staal. De spanning-rek relatie bleek zeer conservatief. Daarom zijn de nieuwste berekeningen met de juiste spanning-rek relatie uitgevoerd. Ook enkele al uitgevoerde berekeningen zijn herberekend met de juiste spanning rek relatie en wijken daardoor af van de al gerapporteerde uitkomsten.

Zoals in de rapportage 1205314-000-GEO-0005-r-Impact neerstortende vliegtuigen op aan te leggen gasleidingen van januari 2012 is beschreven, moet tevens onderscheid worden gemaakt in:

- Zuidelijk of noordelijk gebied, in verband met de grondopbouw
- Wanddikte van leiding, deze kan 15,9 mm of 22, 7 mm bedragen

Aangezien er relatief weinig berekeningsgegevens beschikbaar zijn voor een leiding met een wanddikte van 15,9 mm (de berekeningstijd van een berekening voor een combinatie van variabelen is aanzienlijk en bedraagt enkele dagen), zijn de tabellen voor 15,9 m met omrekeningsfactor van 1,6 gemaakt. Deze omrekeningsfactor is gebaseerd op vergelijking van uitkomsten van identieke berekeningen voor een leiding met een 22,7 mm een 15,9 mm wandikte. Het resultaat van de vergelijking is weergegeven in de onderstaande figuur 1.



Figuur 1 Omrekeningsfactor afgeleid uit de verhouding tussen de plastische rek voor een 15,9 mm leiding en een 22,7 mm leiding.

Uit de bovenstaande figuur volgt dat de verhouding tussen de berekende plastische rek voor een leiding met een wanddikte van 15,9 mm en een wanddikte van 22,7 mm de waarde 1,6 niet overschrijdt, zodat in de tabellen voor de wanddikte 15,9 mm een omrekeningsfactor voor de equivalente plastische rek van 1,6 is toegepast.



Datum
24 september 2012

Ons kenmerk
1205314-000-GEO-0024v2

Pagina
3/19

De tabellen zijn opgenomen in de bijlagen A t/m D:

- Bijlage A: Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 22,7 mm Zuidelijk gebied
- Bijlage B: Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 15,9 mm Zuidelijk gebied
- Bijlage C: Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 22,7 mm Noordelijk gebied
- Bijlage D: Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 15,9 mm Noordelijk gebied

Uit de tabellen kan het percentage vliegtuigen dat ontoelaatbare schade aan de leiding veroorzaakt worden afgeleid:

- Leiding met wanddikte 22,7 mm Zuidelijk gebied: Ontoelaatbare schade = 0 %
- Leiding met wanddikte 15,9 mm Zuidelijk gebied: Ontoelaatbare schade = 0,625 %
- Leiding met wanddikte 22,7 mm Noordelijk gebied: Ontoelaatbare schade = 50 %
- Leiding met wanddikte 15,9 mm Noordelijk gebied: Ontoelaatbare schade = 100 %

Het dient te worden opgemerkt dat hier genoemde percentages nog niet zijn gecorrigeerd voor de hoek in het horizontale vlak bij het neerstorten in het invloedsgebied van de leiding.

Voor informatie en/of toelichting op deze brief kunt u contact opnemen met de heer H.M.G. Kruse, telefoonnummer 088 33 57 354 of met de heer D.S. Nugroho, telefoonnummer 088 33 57 215.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

ir. D.S. Nugroho
Adviseur

Paraaf 
dr. H.M.G. Kruse



BIJLAGE A

Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 22,7 mm Zuidelijk gebied

Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond Z [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
largeJet	nadering	0-70	0-10	<4,9	12,50	1,250
			10-60	<4,9	6,25	0,625
			60-90	<4,9	6,25	0,625
		70-100	0-10	<4,2	10,00	1,000
			10-60	<4,2	5,00	0,500
			60-90	4,2	5,00	0,500
		100-150	0-10	<1,35	2,50	0,250
			10-60	8,4	1,25	0,125
			60-90	9,1	1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<4,9	12,50	1,250
			10-60	<4,9	6,25	0,625
			60-90	4,9	6,25	0,625
		70-100	0-10	<7,6	10,00	1,000
			10-60	7,6	5,00	0,500
			60-90	8,9*	5,00	0,500
		100-150	0-10	1,35	2,50	0,250
			10-60	<13,9	1,25	0,125
			60-90	13,9*	1,25	0,125
totaal					100	10
totaal geen schade						10,00

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde



Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond Z [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
wideBodyJet1	nadering	0-70	0-10	<4,9	12,50	1,250
			10-60	<4,9	6,25	0,625
			60-90	<4,9	6,25	0,625
		70-100	0-10	<4,2	10,00	1,000
			10-60	<4,2	5,00	0,500
			60-90	<4,2	5,00	0,500
		100-150	0-10	<6,3	2,50	0,250
			10-60	<8,9	1,25	0,125
			60-90	8,9	1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<4,9	12,50	1,250
			10-60	<4,9	6,25	0,625
			60-90	<4,9	6,25	0,625
		70-100	0-10	<6,1	10,00	1,000
			10-60	<6,1	5,00	0,500
			60-90	6,1	5,00	0,500
		100-150	0-10	<6,3	2,50	0,250
			10-60	<13,9	1,25	0,125
			60-90	<13,9	1,25	0,125
totaal					100	10
totaal geen schade						10,00

* berekend met juiste spanning rek relatie

Bold berekende waarde



Datum
24 september 2012

Ons kenmerk
1205314-000-GEO-0024v2

Pagina
6/19

Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond Z [-]								
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]		
wideBodyJet2	nadering	0-70	0-10	<6,7	12,50	1,250		
			10-60	<6,7	6,25	0,625		
			60-90	<6,7	6,25	0,625		
		70-100	0-10	<6,7	10,00	1,000		
			10-60	<6,7	5,00	0,500		
			60-90	<6,7	5,00	0,500		
		100-150	0-10	<6,7	2,50	0,250		
			10-60	<6,7	1,25	0,125		
			60-90	6,7	1,25	0,125		
		start	0-70	0-10	<4,1	12,50	1,250	
				10-60	<4,1	6,25	0,625	
				60-90	<4,1	6,25	0,625	
	70-100		0-10	<4,1	10,00	1,000		
			10-60	4,1	5,00	0,500		
			60-90	<6,1	5,00	0,500		
	100-150		0-10	<1,35	2,50	0,250		
			10-60	8,1	1,25	0,125		
			60-90	9,5	1,25	0,125		
	totaal					100	10	
	totaal geen schade						10,00	

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde



Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond Z [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
mediumJet	nadering	0-70	0-10	<3,9	12,50	8,750
			10-60	<3,9	6,25	4,375
			60-90	<3,9	6,25	4,375
		70-100	0-10	<3,9	10,00	7,000
			10-60	<3,9	5,00	3,500
			60-90	<3,9	5,00	3,500
		100-150	0-10	<3,9	2,50	1,750
			10-60	<3,9	1,25	0,875
			60-90	<3,9	1,25	0,875
	start	0-70	0-10	<3,9	12,50	8,750
			10-60	<3,9	6,25	4,375
			60-90	<3,9	6,25	4,375
		70-100	0-10	<3,9	10,00	7,000
			10-60	<3,9	5,00	3,500
			60-90	<3,9	5,00	3,500
		100-150	0-10	<3,9	2,50	1,750
			10-60	<3,9	1,25	0,875
			60-90	3,9	1,25	0,875
totaal					100	70
totaal geen schade						70,00

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde



BIJLAGE B

Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 15,9 mm Zuidelijk gebied

		Toelaatbare rek 15 [%]		wanddikte 15,9 [mm]	grond Z [-]	
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
largeJet	nadering	0-70	0-10	<6,8	12,50	1,250
			10-60	<6,8	6,25	0,625
			60-90	<6,8	6,25	0,625
		70-100	0-10	<6,8	10,00	1,000
			10-60	<6,8	5,00	0,500
			60-90	6,8	5,00	0,500
		100-150	0-10	<2,2	2,50	0,250
			10-60	13,4	1,25	0,125
			60-90	14,6	1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<5,8	12,50	1,250
			10-60	<5,8	6,25	0,625
			60-90	5,8	6,25	0,625
		70-100	0-10	<12,2	10,00	1,000
			10-60	12,2	5,00	0,500
			60-90	14,2	5,00	0,500
		100-150	0-10	2,2	2,50	0,250
			10-60		1,25	0,125
			60-90	22,2	1,25	0,125
totaal					100	10
totaal geen schade						9,75

* berekend met juiste spanning rek relatie

Bold berekende waarde

Cursief volgt uit omrekeningsfactor 1,6



Datum
24 september 2012

Ons kenmerk
1205314-000-GEO-0024v2

Pagina
9/19

Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 15,9 [mm] grond Z [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
wideBodyJet1	nadering	0-70	0-10	<6,8	12,50	1,250
			10-60	<6,8	6,25	0,625
			60-90	<6,8	6,25	0,625
		70-100	0-10	<6,8	10,00	1,000
			10-60	<6,8	5,00	0,500
			60-90	<6,8	5,00	0,500
		100-150	0-10	<12,5	2,50	0,250
			10-60	<12,5	1,25	0,125
			60-90	12,5	1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<5,8	12,50	1,250
			10-60	<5,8	6,25	0,625
			60-90	<5,8	6,25	0,625
		70-100	0-10	<12,2	10,00	1,000
			10-60	<12,2	5,00	0,500
			60-90	<14,2	5,00	0,500
		100-150	0-10	<2,2	2,50	0,250
			10-60		1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
totaal					100	10
totaal geen schade						9,75

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde
Cursief volgt uit omrekeningsfactor 1,6



Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 15,9 [mm] grond Z [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
wideBodyJet2	nadering	0-70	0-10	<5,3	12,50	1,250
			10-60	<5,3	6,25	0,625
			60-90	<5,3	6,25	0,625
		70-100	0-10	<5,3	10,00	1,000
			10-60	<5,3	5,00	0,500
			60-90	<5,3	5,00	0,500
		100-150	0-10	<12,5	2,50	0,250
			10-60	<12,5	1,25	0,125
			60-90	12,5	1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<5,3	12,50	1,250
			10-60	<5,3	6,25	0,625
			60-90	<5,3	6,25	0,625
		70-100	0-10	<5,3	10,00	1,000
			10-60	<5,3	5,00	0,500
			60-90	5,3	5,00	0,500
		100-150	0-10	<2,2	2,50	0,250
			10-60	10,6	1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
totaal					100	10
totaal geen schade						9,875

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde
Cursief volgt uit omrekeningsfactor 1,6



Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 15,9 [mm] grond Z [-]								
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]		
mediumJet	nadering	0-70	0-10	<6,1	12,50	8,750		
			10-60	<6,1	6,25	4,375		
			60-90	<6,1	6,25	4,375		
		70-100	0-10	<6,1	10,00	7,000		
			10-60	<6,1	5,00	3,500		
			60-90	<6,1	5,00	3,500		
		100-150	0-10	<6,1	2,50	1,750		
			10-60	<6,1	1,25	0,875		
			60-90	<6,1	1,25	0,875		
		start	0-70	0-10	<6,1	12,50	8,750	
				10-60	<6,1	6,25	4,375	
				60-90	<6,1	6,25	4,375	
	70-100		0-10	<6,1	10,00	7,000		
			10-60	<6,1	5,00	3,500		
			60-90	<6,1	5,00	3,500		
	100-150		0-10	<6,1	2,50	1,750		
			10-60	<6,1	1,25	0,875		
			60-90	6,1	1,25	0,875		
	totaal					100	70	
	totaal geen schade						70,00	

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde
Cursief volgt uit omrekeningsfactor 1,6



BIJLAGE C

Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 22,7 mm Noordelijk gebied

Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond N [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
largeJet	nadering	0-70	0-10	<12.0	12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10	<12.0	10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10	<12.0	2,50	0,250
			10-60		1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<12.0	12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10	<12.0	10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10	12.0*	2,50	0,250
			10-60	>100.0*	1,25	0,125
			60-90	>100.0	1,25	0,125
Totaal					100	10
totaal geen schade						5

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde
>Bold waarde ten tijde van afbreken berekening i.v.m. rekentijd



Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond N [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
wideBodyJet1	nadering	0-70	0-10	<12.0	12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10	<12.0	10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10	<12.0	2,50	0,250
			10-60		1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<12.0	12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10	<12.0	10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10	<12.0	2,50	
			10-60		1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
Totaal					100	10
totaal geen schade						5

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde
>Bold waarde ten tijde van afbreken berekening i.v.m. rekentijd



Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond N [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
wideBodyJet2	nadering	0-70	0-10	<12.0	12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10	<12.0	10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10	<12.0	2,50	0,250
			10-60		1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
	start	0-70	0-10	<12.0	12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10	<12.0	10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10	<12.0	2,50	0,250
			10-60	>40.0*	1,25	0,125
			60-90	>40.0*	1,25	0,125
Totaal					100	10
totaal geen schade						5

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde
>Bold waarde ten tijde van afbreken berekening i.v.m. rekentijd



Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 22,7 [mm] grond N [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
Medium jet	nadering	0-70	0-10	<12.0	12,50	8,750
			10-60		6,25	4,375
			60-90		6,25	4,375
		70-100	0-10	<12.0	10,00	7,000
			10-60		5,00	3,500
			60-90		5,00	3,500
		100-150	0-10	<12.0	2,50	1,750
			10-60		1,25	0,875
			60-90		1,25	0,875
	start	0-70	0-10	<12.0	12,50	8,750
			10-60		6,25	4,375
			60-90		6,25	4,375
		70-100	0-10	<12.0	10,00	7,000
			10-60		5,00	3,500
			60-90		5,00	3,500
		100-150	0-10	<12.0	2,50	1,750
			10-60	>40.0*	1,25	0,875
			60-90	15.7*	1,25	0,875
Totaal					100	70
totaal geen schade						35

* berekend met juiste spanning rek relatie
Bold berekende waarde
>Bold waarde ten tijde van afbreken berekening i.v.m. rekentijd



BIJLAGE D

Berekeningsresultaten gasleiding met wanddikte 15,9 mm Noordelijk gebied

Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 15,9 [mm] grond N [-]							
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]	
largeJet	nadering	0-70	0-10		12,50	1,250	
			10-60		6,25	0,625	
			60-90		6,25	0,625	
		70-100	0-10		10,00	1,000	
			10-60		5,00	0,500	
			60-90		5,00	0,500	
		100-150	0-10		2,50	0,250	
			10-60		1,25	0,125	
			60-90		1,25	0,125	
	start	0-70	0-10		12,50	1,250	
			10-60		6,25	0,625	
			60-90		6,25	0,625	
		70-100	0-10		10,00	1,000	
			10-60		5,00	0,500	
			60-90		5,00	0,500	
		100-150	0-10		19.2	2,50	0.250
			10-60		>160.0	1,25	0.125
			60-90		>160.0	1,25	0.125
totaal					100	10	
totaal geen schade						0	

* berekend met juiste spanning rek relatie

Bold berekende waarde

Cursief volgt uit omrekeningsfactor 1,6



Datum
24 september 2012

Ons kenmerk
1205314-000-GEO-0024v2

Pagina
17/19

		Toelaatbare rek 15 [%]		wanddikte 15,9 [mm]	grond N [-]			
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]		
wideBodyJet1	nadering	0-70	0-10		12,50	1,250		
			10-60		6,25	0,625		
			60-90		6,25	0,625		
		70-100	0-10		10,00	1,000		
			10-60		5,00	0,500		
			60-90		5,00	0,500		
		100-150	0-10		2,50	0,250		
			10-60		1,25	0,125		
			60-90		1,25	0,125		
		start	0-70	0-10		12,50	1,250	
				10-60		6,25	0,625	
				60-90		6,25	0,625	
	70-100		0-10		10,00	1,000		
			10-60		5,00	0,500		
			60-90		5,00	0,500		
	100-150		0-10		2,50	0,250		
			10-60		1,25	0,125		
			60-90		1,25	0,125		
	totaal					100	10	
	totaal geen schade						0	



Datum
24 september 2012

Ons kenmerk
1205314-000-GEO-0024v2

Pagina
18/19

Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 15,9 [mm] grond N [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
wideBodyJet2	nadering	0-70	0-10		12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10		10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10		2,50	0,250
			10-60		1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
	start	0-70	0-10		12,50	1,250
			10-60		6,25	0,625
			60-90		6,25	0,625
		70-100	0-10		10,00	1,000
			10-60		5,00	0,500
			60-90		5,00	0,500
		100-150	0-10		2,50	0,250
			10-60		1,25	0,125
			60-90		1,25	0,125
totaal					100	10
totaal geen schade						0



Datum
24 september 2012

Ons kenmerk
1205314-000-GEO-0024v2

Pagina
19/19

Toelaatbare rek 15 [%] wanddikte 15,9 [mm] grond N [-]						
Vliegtuigtype	Vluchtfase/ gewicht	Snelheid [m/s]	Inslag- hoek [graden]	Berekende plastische rek [%]	Kans per vliegtuig [%]	Kans totaal [%]
Medium jet	nadering	0-70	0-10		12,50	8,750
			10-60		6,25	4,375
			60-90		6,25	4,375
		70-100	0-10		10,00	7,000
			10-60		5,00	3,500
			60-90		5,00	3,500
		100-150	0-10		2,50	1,750
			10-60		1,25	0,875
			60-90		1,25	0,875
	start	0-70	0-10		12,50	8,750
			10-60		6,25	4,375
			60-90		6,25	4,375
		70-100	0-10		10,00	7,000
			10-60		5,00	3,500
			60-90		5,00	3,500
		100-150	0-10		2,50	1,750
			10-60	>64.0	1,25	0,125
			60-90	25.1	1,25	0,125
totaal					100	70
totaal geen schade						0

NV Nederlandse Gasunie
t.a.v. F.C.M. van den Berg
Concourslaan 17
9727 KC Groningen

Onze ref. 74101452 GCS 12.B.53152
Auteur M.T. Middel
Tel. +31 (0)50 700 9782
Fax +31 (0)50 700 9859
E-mail martijn.middel@dnvkema.com

Groningen, 01 oktober 2012

Onderwerp: Gevoeligheidsanalyse Beverwijk Wijngaarden

Geachte heer Frans van den Berg,

Naar aanleiding van het overleg van Gasunie met RIVM en de ministeries van 6 juli 2012 zijn enkele gevoeligheidsanalyses uitgevoerd met betrekking tot de in de QRA aangenomen strookbreedte van 4m rond de leidingen. In het overleg is naar voren gekomen dat de strookbreedte van 4m een onderschatting lijkt en over de daadwerkelijke strookbreedte eerst meer bekend dient te zijn, alvorens RIVM kan instemmen met de gehanteerde rekenmethodiek uit de QRA.

In dit document zijn een klein aantal gevoeligheidsanalyses uiteengezet. Eerst is generiek gekeken naar de impact van de vergroting van de strookbreedte, waarbij (ter compensatie) met meer detail is gekeken naar de fractie van de vliegtuigen welke tot schade leiden. Ten tweede wordt specifiek ingegaan op de omstandigheden (slappe grond), zoals de noordelijk van de Noordelijke Ringvaart van toepassing zijn, waarbij de door Deltares gehanteerde grondeigenschappen in de generieke berekeningsmethodiek niet van toepassing zijn.

Generieke analyse

Het onderzoek van Deltares wijst uit dat deze strookbreedte onder normale omstandigheden grofweg overeenkomt met de lengte van het vliegtuig (bij loodrecht kruisen van vliegtuig op de leiding). De specifieke berekende strookbreedtes per vliegtuigtype zijn opgenomen in tabel 1. Of een vliegtuigongeval binnen deze strookbreedte tot schade leidt wordt bepaald aan de hand van de berekende rek in de leiding. De rekgrens is een minimum ontwerpeigenschap van de buisleiding, welke in de praktijk 15% of zelfs 20% kan worden overschreden, zonder tot schade te leiden (zie hiervoor het document met kenmerk VS 12.0437 van Gasunie). De combinatie van vlieggegevens van het NLR (verdeling in vliegtuigtypen, snelheid en hoek van impact) en berekeningen van Deltares, waarbij o.a. onderscheid wordt gemaakt in het type vliegtuig en het aan- of afvliegen, geeft aan dat bij het toepassen van een rekgrenslimiet van 15%, de volgende fracties van de neerkomende vliegtuigen leiden tot schade aan de leiding, wanneer ze vallen binnen de strookbreedte.

De invloed van de aangenomen rekgrenslimiet is hieronder in de tabel uiteengezet. Het hanteren van een lagere rekgrenslimiet leidt niet tot nieuwe knelpunten en beperkt zich slechts tot de twee geïdentificeerde locaties, die in het rapport zijn vastgelegd. Het betreft de locatie A4 zone West en de locatie ten noorden van de Noordelijke Ringvaart. De Noordelijke Ringvaart wordt apart beschouwd vanwege de specifieke omstandigheden (afwijkende grondeigenschappen). Ter indicatie, is in de tabel voor de locatie A4 zone West aangegeven hoeveel extra meter dikwandige pijp (22,7 mm) dient te worden toegepast, om de invloed van vliegtuigen zodanig te beperken, dat er geen plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} /jaar ontstaat. Hierbij is uitgegaan van de strookbreedtes uit tabel 1.

Tabel 2: Invloed rekgrenslimiet op de benodigde extra lengte D-pijp

Aangenomen rekgrenslimiet	8%	10%	15%	20%
Extra lengte benodigde D-pijp	xxx	70 m	-	-

De benodigde extra lengte D-pijp (wanddikte van 22.7 mm) uit de tabel is bepaald t.o.v. de eerder vastgelegde hoeveelheid in de QRA, bijlage 15 van de milieueffectrapportage.

Ten noorden van de Noordelijke Ringvaart

Ten noorden van de Noordelijke Ringvaart is er sprake van "slappe grond". Hierdoor is de bovenstaande berekeningsmethodiek niet representatief en moet de berekening worden herzien.

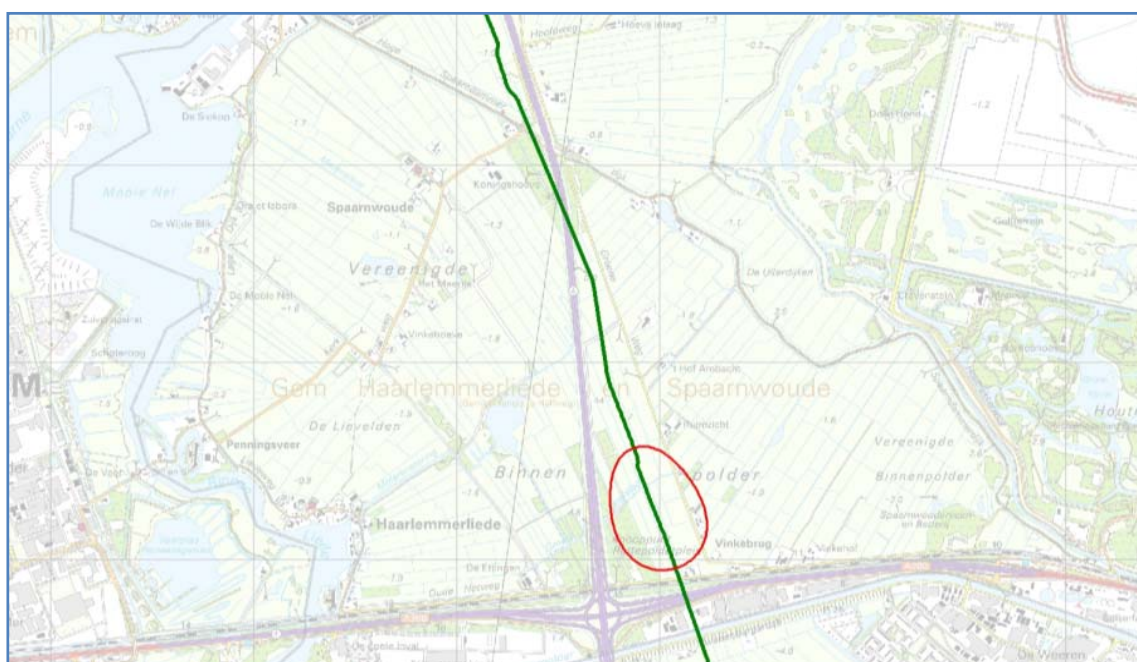
Voor de slappe grond geldt dat de percentages uit de tabel niet toepasbaar zijn. De reden hiervoor is dat ten gevolge van de aanwezigheid van slappe bodemlagen het effect verder reikt. Hierdoor leiden vrijwel alle vliegtuig categorieën tot schade; alleen de categorieën die onder een hoek van 0 tot 10 graden met het horizontale vlak neerkomen, leiden niet tot schade aan de leiding, wanneer D-pijp wordt toegepast. Dit is mogelijk doordat deze vliegtuigen niet diep indringen in de grond en tevens nauwelijks een schokgolf veroorzaken. Op basis van gegevens van het NLR blijken 50% van de ongevallen plaats te hebben bij een hoek van neerkomen tussen de 0 en 10 graden. Dit houdt in dat zelfs wanneer D-pijp wordt toegepast, 50% van de vliegtuigen leidt tot schade aan de leiding.

Naast de grotere strookbreedte wordt tevens rekening gehouden met de hoek tussen de vliegrichting en de richting van de leiding, beschouwd in het horizontale vlak. Bij de bepaling van de strookbreedte is de vliegrichting in de generieke berekening als "altijd loodrecht" op de leiding geschouwd. Deze aanname is echter conservatief; een vliegtuig dat vrijwel parallel vliegt aan de leiding, mag veel dichter naderen dan in de tabel aangegeven, zonder schade te veroorzaken. Wanneer wordt uitgegaan van een uniforme verdeling van vliegrichtingen, wordt de effectieve gemiddelde strookbreedte bepaald door te vermenigvuldigen met de volgende correctiefactor:

$$\frac{\int_0^{2\pi} |\sin(\theta)| d\theta}{2\pi} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} [\cos(\theta)]_0^{\pi} = \frac{2}{\pi}$$

De afstand van het massamiddelpunt van het vliegtuig tot de leiding, waarbij het uiteinde (kop of staart) van het vliegtuig nog net de leiding raakt wordt bepaald met een sinus functie. In principe komt hier nog een factor $\frac{1}{2}$ bij (massamiddelpunt ligt grofweg halverwege), maar doordat dit voor beide zijden van de leiding geldt en opgeteld dient te worden, valt dit tegen elkaar weg.

Uit de berekeningen op basis van het leidingontwerp uit het rapport volgt dat met bovenstaande aanpassingen een PR 10^{-6} per jaar contour ontstaat aan de noordzijde van de Noordelijke Ringvaart.



Figuur 2: Plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} /jaar, noordelijk van de Noordelijke Ringvaart. Door de 'slappe grond' dringen vliegtuigen zodanig in de grond, dat de leiding op 1,6m diepte geraakt wordt.

Volgens de gehanteerde uitgangspunten is de enige manier waarop deze contour kan worden voorkomen, verlengen van de boring: alleen wanneer de leiding op een diepte van 7m wordt aangelegd kan schade door vliegtuigen in de berekening worden uitgesloten. Daarnaast dient aansluitend een deel van de leiding nog met D-pijp (22.7 mm wanddikte) te worden uitgevoerd. Overige maatregelen hebben geen effect, doordat de eigenschappen van de grond zodanig zijn, dat de rekgrens wordt overschreden.

De gevoeligheidsanalyse wijst uit dat, mede op basis van de genoemde conservatieve strookbreedtes uit tabel 1, de boring aan de noordzijde met 230 m verlengd dient te worden om geen PR 10^{-6} per jaar te veroorzaken. Berekeningen tonen aan dat de boring naar het Noorden verlengd dient te worden tot coördinaatpunten (108983.6 ; 489225). Ten noorden hiervan is dan aansluitend ca. 330m D-pijp nodig vanaf deze coördinaten tot aan (108889 ; 489525) om een plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar te voorkomen.

De strookbreedtes, zoals in tabel 1 zijn weergegeven, zijn enigszins conservatief. De gevoeligheid van de benodigde extra lengte van de boring om geen plaatsgebonden risico van 10^{-6} /jaar te veroorzaken, is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3: Invloed van de strookbreedte op de benodigde extra lengte boring.

Strookbreedtes (per type) [m]	40/40/28/22	48/48/36/30	56/56/44/38
Meters extra boring	80m	130m	230m

Hierbij zijn de weergegeven strookbreedtes per vliegtuigtype aangegeven (respectievelijk, large jet, widebody jet type 1, widebody jet type 2 en medium jet).

Parameters zoals de trefkans van vliegtuigen per oppervlakte-eenheid zijn niet onderzocht in de gevoeligheidsanalyse. Deze trefkansen doen vermoeden dat deze tevens als conservatief beschouwd mogen worden.

Conclusie

Uit de gevoeligheidsanalyse wordt geconcludeerd dat het potentiële knelpunt bij de A4 zone West bij de herberekening met grotere strookbreedtes niet als kritiek punt naar voren komt: met inachtneming van een iets grotere, maar nog steeds conservatieve limiet voor de rekgrens blijkt dat er met het huidige ontwerp geen plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar of groter ontstaat.

Ten aanzien van de locatie ten noorden van de Noordelijke Ringvaart geeft de gevoeligheidsanalyse aan dat het potentiële knelpunt, onder aanname van de strookbreedtes uit tabel 1, niet is te voorkomen zonder aanpassingen van het ontwerp. Doordat de grond ten noorden van de Noordelijke Ringvaart 'slap is, is de toepassing van een hogere rekgrenslimiet in de berekening niet toepasbaar. Doordat de impact van vliegtuigen niet is op te vangen met sterkere buisleidingen (een grotere wanddikte mitigeert onvoldoende), is de enige rekenkundige oplossing het verlengen van de boring aan de noordzijde van de Noordelijke Ringvaart met 230m. De daarbij behorende diepteligging is dan minstens 7 meter onder het maaiveld. Aansluitend is nog eens 330m D-pijp (wanddikte van 22.7 mm) noodzakelijk om de vliegtuigongevallen in de categorie 0-10 graden uit te kunnen sluiten als aanleiding tot schade aan de leiding. Deze gecombineerde oplossing is nodig, om rekenkundig te voorkomen dat een plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ontstaat.

Met vriendelijke groeten,

KEMA Nederland B.V.

M.T. Middel