

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectdirectie Gastransitie Groningen
T.a.v. mevrouw [REDACTED]
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

**Onderwerp**

Advies vaststellingsbesluit Groningen gasveld 2019/2020

Geachte mevrouw Pijs,

Per brief met kenmerk DGKE-PGG/19065211 d.d. 27 maart 2019 heeft u aan TNO-AGE, conform de mijnbouwwet, gevraagd te adviseren over de 'verwachte bodembeweging' in relatie tot de 'gevolgen daarvan voor omwonenden en gebouwen', en daarbij in het bijzonder aandacht te besteden aan de volgende aspecten:

1. Nadere duiding van de twee door NAM voorgestelde inzetstrategieën vanuit het oogpunt van veiligheid.
2. Beoordeling van de aangepaste inschattingen van de sterkte van bouwwerken (kwetsbaarheidscurves).
3. Relatie tussen de dreigings- en risicoanalyse (HRA) en de versterkingspraktijk aan de hand van de NPR 9998:2018.
4. Overweging van (tijdelijke) versterkingsmaatregelen in het geval van een (acute) verandering in de veiligheidssituatie.

Bijgaande notitie bevat ons advies over deze aspecten. De samenvatting hiervan luidt als volgt:

1. TNO concludeert dat voor gasjaar 2019/2020 (met een gemiddelde temperatuur) operationele strategieën 1 en 2 op een geaggregeerd niveau voor het Groningen veld resulteren in een vergelijkbare seismische dreiging en seismisch risico. Ook de mate van overschrijding van de veiligheidsnorm ($IR=10^{-5}$) is vergelijkbaar. Op regionaal niveau zijn er echter wel verschillen in dreiging en risico. De keuze voor één van de twee operationele strategieën leidt niet zozeer tot een verplaatsing van het zwaartepunt van het seismisch risico, maar tot verschillen in de spreiding van het dreiging- en risicogebied.
2. Ten aanzien van de URM1-F typologie adviseert TNO het risicoprofiel van deze typologie eerst nader te onderzoeken voordat deze als onveilig worden bestempeld. TNO adviseert nog geen versterkingsacties voor deze typologie in gang te zetten voordat dit onderzoek is uitgevoerd. Het lijkt dat het schuurgedeelte in de HRA een grote bijdrage levert aan het berekende risico. Indien de schuur een opslagfunctie vervult hoeft deze niet meegenomen te worden in een IR berekening. Het berekende risico per boerderij zal in dat geval waarschijnlijk lager zijn. Het is niet onwaarschijnlijk dat die URM1-F gebouwen dan alsnog voldoen aan de IR veiligheidsnorm. Naar onze inschatting betreft dit een substantieel deel van de URM1-F gebouwen.

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Contactpersoon

Drs. [REDACTED]

E-mail

[REDACTED]@tno.nl

Doorkiesnummer

+31888 [REDACTED]

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl.
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

2/17

TNO adviseert de nieuwe set van kwetsbaarheidscurves, gebaseerd op triltafeltesten, te gebruiken. Deze vertegenwoordigen de nieuwste en verbeterde stand van de kennis.

Dit maakt dat nagenoeg alle rijtjeswoningen reeds nu voldoen aan de $IR < 10^{-5}$ veiligheidsnorm. Een klein aantal voldoet pas in 2020; versterking ligt hier niet voor de hand omdat het uitrollen van deze versterkingsmaatregelen waarschijnlijk langer duurt dan 1 jaar. Een kanttekening wordt gemaakt bij de indeling in typologieën op basis van het percentage gevelopeningen; dit dient opgehelderd te worden, maar dit heeft geen effect op de conclusie dat vrijwel alle rijtjeswoningen in 2020 voldoen aan de veiligheidsnorm.

3. TNO adviseert in alle gevallen gebruik te maken van de meest recente versie van de NPR 9998. Deze is gebaseerd op actuele gasproductieniveaus en bevat de laatste technische inzichten. Het is af te raden voor verschillende batches verschillende versies van de NPR 9998 - en daarmee verschillende gasproductieniveaus - aan te houden; dit creëert vanuit technisch oogpunt een niet bestaande ongelijkheid.

TNO adviseert de NPR 9998 in te zetten voor een beoordeling op typologieniveau, waarbij gebruik gemaakt wordt van rekenmethoden die zo goed mogelijk de werkelijke sterkte van bouwwerken weergeven. Daarnaast adviseert TNO Annex H van NPR 9998 te kalibreren aan triltafeltesten om een zo juist mogelijke inschatting van de uit-het-vlak capaciteit van metselwerk wanden te verkrijgen.

4. Volgens de HRA systematiek is er sprake van een (acute) verandering in de veiligheidssituatie, indien een enkele (of meerdere) beving(en) een significante verandering veroorzaakt in het individueel risico.

TNO adviseert om in het geval van het voorkomen van een zware beving (magnitude orde grootte 3,4 of hoger) een actualisatie van de HRA uit te (laten) voeren. Naast een herkalibratie van het seismologisch model, kan dit ook inhouden het actualiseren van het model zelf in geval van een seismologisch 'onverwachte' gebeurtenis.

Het resultaat van een dergelijke actualisatie 1) geeft aan of er sprake is van een significante verandering in de veiligheidssituatie, en 2) is mogelijk richtinggevend voor aanpassing van het versterkingsprogramma in termen van tijdelijke en/of standaard versterkingsmaatregelen (inclusief mogelijk tijdspad).

TNO observeert dat er een toenemend gat is ontstaan tussen enerzijds de richtinggevende functie van de achtereenvolgende HRA's en anderzijds de opvolging daarvan in het versterkingsprogramma en de uitvoering daarvan. TNO concludeert dan ook, dat een adequate reactie op eventuele (acute) verandering in de veiligheidssituatie een veel slagvaardiger, flexibeler en proactief beleid vergt ten aanzien van de versterkingsoperatie.

Hoogachtend,



Drs. [REDACTED],
Hoofd Adviesgroep Economische Zaken

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
3/17

Bijlage

In deze bijlage worden de hoofd- en deelvragen behandeld zoals aan TNO gesteld op 27 maart jl.

Uitgangspunt voor de beantwoording van de vragen is de door NAM opgestelde dreigings- en risicoanalyse. TNO heeft geen controle-berekeningen uitgevoerd. TNO heeft voor de beantwoording van deze vragen de volgende aanvullende documenten verkregen van de NAM:

- Review and update of Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen, Assessment timing: January 2019, NAM, Jan van Elk and Dirk Doornhof, January 2019 (under review).
- Report on the v6 Fragility and Consequence Models for the Groningen Field, Crowley H., Pinho R. & Cavalieri F. (2019).
- Mean-LPR resultaten per gebouwtype voor beide operationele strategieën.
- Aanvullende documentatie m.b.t. URM1-F en URM4-L gebouwtypologieën.

1. Beantwoording vraag 1

1.1 Vraagstelling

Welke operationele strategie voor gasjaar 2019/2020 geniet vanuit het oogpunt van veiligheid de voorkeur?

A: In hoeverre leidt de keuze van één van de operationele strategieën tot verschillen op regioniveau?

B: Hoe kunnen (mogelijke) verschillen van de operationele strategieën op regioniveau verklaard worden?

1.2 Beantwoording vraag 1

Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft NAM een tweetal voorstellen voor operationele strategie ingediend. Deze strategieën zijn het resultaat van een optimalisatie van de verdeling van de productie over het Groningen veld, waarbij - binnen de operationele randvoorwaarden - de seismische dreiging geminimaliseerd is. Operationele strategie 1 is het resultaat van minimalisatie van de piekgrondsnelheid gewogen met de bevolkingsdichtheid als dreigingsindicator. Operationele strategie 2 is het resultaat van minimalisatie van het jaarlijks aantal bevingen als dreigingsindicator.

Voor de beide strategieën is het seismisch risico bepaald. Als maat voor het seismisch risico wordt door NAM "aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm" gebruikt.

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

4/17

De veiligheidsnorm is gesteld op een streefwaarde van het individueel risico (IR, jaarlijkse kans op overlijden) van 10^{-5} per jaar, en een tijdelijk acceptabel IR tussen 10^{-4} en 10^{-5} per jaar. Omdat, in algemene zin, het IR kleiner is dan 10^{-4} per jaar wordt in dit document als er gesproken wordt van overschrijding van de veiligheidsnorm bedoeld op overschrijding van de streefwaarde van 10^{-5} per jaar.

De toegepaste optimalisatie methodiek en gekozen maat voor het seismisch risico is door TNO geëvalueerd in het kader van de advisering voor de inzetstrategie gasjaar 2018/2019 [1]. Voor de beoordeling van de veiligheid wordt door TNO naast de gebruikte risicomat “aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm” ook de mate van overschrijding van de veiligheidsnorm meegewogen.

TNO concludeert dat voor gasjaar 2019/2020 (met een gemiddelde temperatuur) de operationele strategieën 1 en 2 op een geaggregeerd niveau resulteren in een vergelijkbare seismische dreiging en seismisch risico. Ook de mate van overschrijding van de veiligheidsnorm ($IR=10^{-5}$) is vergelijkbaar. Op regionaal niveau zijn er echter wel verschillen in dreiging en risico. De keuze voor één van de twee operationele strategieën leidt niet zozeer tot een verplaatsing van het zwaartepunt van het seismisch risico, maar tot verschillen in de spreiding van het dreiging- en risicogebied.

Regionale verschillen

In de door NAM uitgewerkte operationele strategieën zijn regionale verschillen in dreiging en risico direct te verklaren uit de verschillen in drukdepletie als gevolg van gasproductie. In beide strategieën komt het grootste deel (ca 75%) van de productie uit de Zuid-West en Zuid-Oost clusters. De resterende productie wordt in operationele strategie 1 geleverd uit het Bierum cluster (Noord) en de Centraal-Oost clusters. In operationele strategie 2 komt de resterende productie grotendeels uit de Zuid-West clusters en in beperkte mate uit het Eemskanaal cluster.

Als gevolg van deze clusterinzet geeft operationele strategie 1 een hogere dreiging en risico in het noordoosten in gasjaar 2019/2020. Operationele strategie 2 geeft een hogere dreiging en risico in het zuidwesten in gasjaar 2019/2020. Dit komt tot uiting in het aantal gebouwen dat op basis van de HRA niet aan de veiligheidsnorm voldoet [2].

Het aantal gebouwen dat in beide operationele strategieën niet voldoet aan de veiligheidsnorm is ten minste 351 voor een gemiddeld temperatuurscenario. Deze 351 gebouwen bevinden zich voornamelijk in de centrale regio (figuur 1a). Naast deze 351 gebouwen zijn er 78 gebouwen die uitsluitend voor strategie 1 niet aan de veiligheidsnorm voldoen, voornamelijk gelegen in het noordoosten (figuur 1c). Strategie 1 resulteert in een totaal van 429 gebouwen dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet.

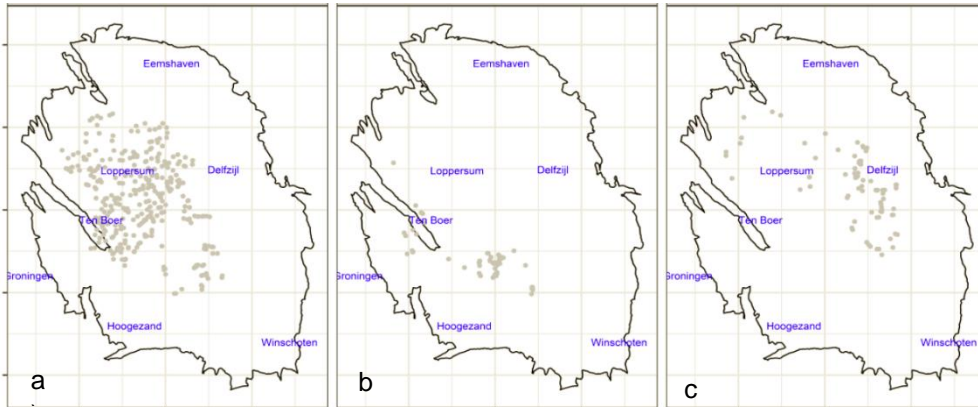
Strategie 2 heeft als gevolg dat, naast de 351 gebouwen, 52 gebouwen uitsluitend voor deze strategie niet aan de veiligheidsnorm voldoen. Deze 52 gebouwen

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
5/17

bevinden zich voornamelijk in het zuidwesten (figuur 1b). In totaal voldoen 403 gebouwen niet aan de veiligheidsnorm voor strategie 2.



Figuur 1: Geografische spreiding van het aantal gebouwen dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet voor een gemiddeld temperatuurprofiel in gasjaar 2019/2020. a) aantal gebouwen (351) dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet voor beide strategieën. b) aantal gebouwen meer dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet uitsluitend voor strategie 2. c) aantal gebouwen meer dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet uitsluitend voor strategie 1.

Samenvattend resulteert operationele strategie 1 in 26 gebouwen meer die niet voldoen aan de veiligheidsnorm in vergelijking met strategie 2 (Tabel 1). Voor een gemiddelde temperatuur in gasjaar 2019/2020 is het verschil tussen beide operationele strategieën in het aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm relatief klein ten opzichte van het totaal aantal gebouwen, dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet. Voor een warm gasjaar is het verschil vergelijkbaar klein (30 gebouwen, Tabel 1).

Voor een koud gasjaar is het aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm in beide strategieën navenant hoger (Tabel 1). Daarnaast is voor een koud gasjaar het verschil tussen de operationele strategieën in het aantal gebouwen dat de veiligheidsnorm overschrijdt groter. Voor een koud gasjaar geeft operationele strategie 1 dientengevolge 118 gebouwen meer die niet aan de veiligheidsnorm voldoen dan strategie 2 (Tabel 1).

Dat het verschil tussen de beide strategieën groter is voor een koud gasjaar, kan deels verklaard worden door de grotere gasproductie in een koud gasjaar. Het verschil in geografische spreiding tussen de strategieën in een koud gasjaar 2019/2020 is vergelijkbaar met dat voor een gasjaar met een gemiddelde temperatuur.

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
6/17

Tabel 1: Aantal niet-versterkte gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm voor gasjaar 2019/2020 voor een warm, gemiddeld en koud gasjaar in beide operationele strategieën. Het verschil in aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm tussen de strategieën is groter bij een koud gasjaar.

	Aantal niet-versterkte gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm		
	Warm gasjaar	Gemiddeld gasjaar	Koud gasjaar
Strategie 1	318	429	717
Strategie 2	288	403	599
Vershil	30	26	118

De verschillen tussen de operationele strategieën kunnen op regioniveau verklaard worden door de uitgangspunten van de optimalisatie. Door de hogere bevolkingsdichtheid in de omgeving stad Groningen leidt optimalisatie van “piekgrondsnelheid gewogen met bevolkingsdichtheid” (operationele strategie 1) logischerwijs tot een lagere dreiging en risico in het zuidwesten in gasjaar 2019/2020.

Het relatieve regionale verschil in dreiging tussen de uitgewerkte operationele strategieën is in gasjaar 2019/2020 ongeveer 11% en neemt af in de daaropvolgende jaren tot ongeveer 5% in 2022. De autonome drukvereffening binnen het gasveld is dan dominantanter dan drukverschillen veroorzaakt door gasproductie, en zal ook leidend zijn voor de seismische dreiging.

Voorkeur operationele strategie

Kleine verschillen in seismische dreiging (door de verschillende operationele strategieën) resulteren in een verandering van het aantal gebouwen dat niet meer voldoet aan de veiligheidsnorm. Dit komt doordat gebouwen inhomogeen verdeeld zijn over de regio en doordat de kwetsbaarheid van gebouwen niet-lineair toeneemt met een toenemende seismische dreiging. Dit verklaart de verschillen in locatie en aantallen te versterken gebouwen tussen de twee operationele strategieën.

Voor gasjaar 2019/2020 met een warm en gemiddeld temperatuurscenario resulteren operationele strategie 1 en 2 op een geaggregeerd niveau in een vergelijkbare seismische dreiging en seismisch risico. Vanuit het oogpunt van veiligheid heeft TNO geen voorkeur voor een operationele strategie.

Voor een koud gasjaar is het aantal gebouwen dat de veiligheidsnorm overschrijdt bij operationele strategie 2 aanzienlijk kleiner dan bij operationele strategie 1. Als de grootte van het verschil in gebouwen dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet leidend is voor de keuze van een voorkeurstrategie dan is er een lichte voorkeur voor operationele strategie 2.

Ter vergelijking: TNO [1] gaf aan, dat het verschil tussen de twee toen voorgestelde inzetstrategieën gebaseerd op optimalisatie van vergelijkbare indicatoren in gasjaar 2018/2019 aanzienlijk groter was (~ 300 gebouwen).

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

7/17

TNO merkt op dat, naast het feit dat operationele strategie 1 voor gasjaar 2019/2020 in het verlengde ligt van de huidige uitvoering van de inzetstrategie, de overschrijding van productief fluctuaties significant lager is voor operationele strategie 1. Vanuit praktische uitvoerbaarheid verdient dientengevolge operationele strategie 1 de voorkeur voor gasjaar 2019/2020.

2. Beantwoording vraag 2

2.1 Vraagstelling

A: Geef een beoordeling van de aangepaste inschattingen van de sterkte van bouwwerken (zogenoemde kwetsbaarheidscurves) die gebruikt zijn in de dreigings- en risicoanalyse.

B: In hoeverre zijn deze aanpassingen te prefereren boven de laatst beschikbare kwetsbaarheidscurves?

C: In hoeverre kunnen kennisonzekerheden over deze kwetsbaarheidscurves op korte en langere termijn worden gereduceerd, zodat de betrouwbaarheid van de dreigings- en risicoanalyses kan worden verbeterd?

2.2 Beantwoording vraag 2

Bij de beoordeling van vraag 2 wordt eerst ingegaan op de risicoanalyse en de relevante typologieën [2]. Daarna worden de vragen 2A, 2B en 2C behandeld.

2.2.1 Risicoanalyse

In de beantwoording van deze vraag richt TNO zich in de risicoanalyse en de verschuiving van de risicocontouren op de door de commissie Meijdam [3] geadviseerde en door de minister overgenomen [4] veiligheidsnorm van een Individueel Risico (IR) dat kleiner of gelijk moet zijn dan 10^{-5} per jaar. Dit betreft een IR waarbij uitgeïntegreerd is over alle onzekerheden. Dit betreft dan een P_{mean} (niet te verwarren met P_{50}) in een beslisboombenadering zoals toegepast in de NAM HRA. Dit is in lijn met bijlage 5 van het Mijraadadvies van juli 2018 [5].

De consequenties van verschillende implementaties van modellen op het berekende individueel risico kunnen alléén objectief en éénduidig aan de hand van P_{mean} worden vergeleken.

Zoals reeds geadviseerd in 2018 [6] raadt TNO het gebruik van een zogenaamde P_{90} waarde (zoals deze wordt toegepast in [7]) af. Deze P_{90} kent geen éénduidige definitie en dus is op basis hiervan geen modelonafhankelijke vergelijking mogelijk. Deze P_{90} is risicomodelafhankelijk; dat wil zeggen dat verschillende HRA implementaties en verschillende versies ervan, ook als de resulterende P_{mean} dezelfde is, kunnen leiden tot verschillende P_{90} waarden. Dit komt onder meer door de willekeur waarmee de verschillende onzekerheden in de keten worden uitgeïntegreerd of in de beslisboom worden meegenomen.

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

8/17

Een verschuiving van de P_{90} risico-contour hoeft daarom niet gerelateerd te zijn aan een verschuiving van de IR risico-contour en wordt aldus onuitlegbaar.

Het IR als P_{mean} ligt ook aan de basis van de NPR 9998 [8]. Conform artikel 2.2.3 van deze NPR is een volledig probabilistische toetsing toegestaan. De NAM HRA uitgedrukt in IR als P_{mean} is een correcte risicoanalyse conform NPR 9998.

TNO adviseert voor een risicobeoordeling en de verschuivingen daarin uitsluitend een P_{mean} te gebruiken. Gebruikmaken van andere P-waarden leidt, zeker bij het vergelijken van (uitkomsten van) modellen, tot onjuiste conclusies over verschuivingen van het veiligheidsrisico.

2.2.2 Relevante typologieën

Uit de resultaten van de NAM HRA 2019 [2] blijkt dat voor de beide inzetstrategieën er twee typologieën zijn waarbinnen gebouwen onvoldoende veilig zijn. Dit zijn boerderijen (typologie URM1-F) en rijtjeswoningen met meer dan 90% openingen in de langsgevel (typologie URM4-L). In antwoord op de vraagstelling richt TNO zich daarom op deze twee typologieën. De andere typologieën zijn volgens de NAM HRA 2019 met ingang van het kalenderjaar 2020 niet meer vertegenwoordigd in de groep gebouwen met $IR > 10^{-5}$.

Ten opzichte van de NAM HRA van 2018 [9] zijn met betrekking tot de gebouwen die niet voldoen aan de veiligheidsnorm, de volgende verschuivingen geconstateerd:

1. Ongeveer 2/3 deel van de boerderijen die nu niet voldoen aan de 10^{-5} veiligheidsnorm, waren in de NAM HRA van 2018 als voldoende veilig beoordeeld (met $IR < 10^{-5}$) omdat ze in 2018 nog niet in een afzonderlijke categorie waren ingedeeld.
2. Van de groep rijtjeswoningen van type URM4-L blijft er nu nog een zeer klein deel over. Deze typologie besloeg in de NAM HRA in 2018 46% van het totaal aantal gebouwen dat niet aan de norm voldeed.
3. De overige typologieën die in de NAM HRA van 2018 nog aanwezig waren in het contingent gebouwen met $IR > 10^{-5}$ zijn nu niet meer aanwezig in deze groep (kalenderjaar 2020 en verder, gemiddeld temperatuur scenario).

Een belangrijke oorzaak voor het kleiner worden van het totaal aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm is de verlaagde seismische dreiging vanwege de lagere gasproductie ten opzichte van de in 2018 aangehouden niveaus. Daarnaast zijn de inschattingen van de sterkte van de gebouwen aangepast. De invloed daarvan wordt in onderstaande antwoorden beschouwd.

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
9/17

2.2.3 Vraag 2A: beoordeling van de aangepaste inschattingen van de sterkte van bouwwerken.

In de NAM HRA 2019 [2] zijn de volgende punten van aanpassing vermeld:

1. Er zijn, op basis van uitgebreider onderzoek (triltafeltesten voor rijtjeswoningen met grote gevelopeningen, verdere specificatie typologieën, nader onderzoek naar typologie-indeling per pand) verschuivingen opgetreden in de indeling van de panden in typologieën.
2. Er zijn aangepaste fragility curves (kwetsbaarheidscurves) vastgesteld voor de meest van belang zijnde typologieën.
3. Er is een afzonderlijke typologie gedefinieerd voor boerderijen (URM1-F), waar deze in de HRA 2018 [9] in een grotere typologie URM1 waren ondergebracht.

URM1-F

Voor de inschatting van de sterkte van bouwwerken van type URM1-F, de boerderijen met een aangebouwde schuur, wordt gebruik gemaakt van resultaten van berekeningen aan het indexgebouw 'de Haver', wat bestaat uit een ongewapend metselwerk woning gebouwd aan een schuur van een bouwlaag metselwerk met grote houten spanten. Hierbij is een gebouw-tot-gebouw-variantie binnen de typologie aangehouden.

Dit type URM1-F is nieuw in de v6 versie van de fragility curves [10]. Het is een subset van de typologie URM1, die nu is gesplitst in URM1-F (Farms) en URM1-O (Other, wat vooral bedrijfshallen betreft). De kwetsbaarheid van de URM1-F gebouwen is hoger dan die van URM1-O en daarmee ook hoger dan de kwetsbaarheid van de oude, gecombineerde typologie URM1. Hiermee worden boerderijen als meer kwetsbaar beoordeeld dan in 2018.

Het risico voor de URM1-F gebouwen wordt bepaald door sommatie over drie bezwijktoestanden of 'collapse states' [10]. De eerste twee bezwijktoestanden betreffen het lokaal falen van onderdelen van het woongedeelte, de derde bezwijktoestand betreft het geheel instorten van het schuurgedeelte. Het risico is recht evenredig met de verhouding tussen het ingestorte vloeroppervlak en het totaal vloeroppervlak (A_{debris}/A_{total}), zie [10]; dit getal is vooral groot in de derde bezwijktoestand. De verwachting van TNO is daarom dat het totaal instorten van het schuurgedeelte dominant is in de bepaling van het risico. Uit [10] lijkt ook te volgen dat het instorten van het schuurgedeelte niet leidt tot instorten van het woongedeelte. Dit wordt nog eens bevestigd doordat in veel gevallen een zogenaamde brandmuur is aangebracht tussen woonhuis en schuurgedeelte; de schuur is dan constructief ontkoppeld van het woonhuis.

Losstaande schuren worden niet meegenomen in de HRA. Dit is voor schuren met beperkte verblijfsfunctie in lijn met het Bouwbesluit waar géén IR veiligheidsnorm wordt gesteld (zie Ontwerp-Nationale Bijlage bij NEN-EN 1990 (versie maart 2019), definitie van gevolgklasse CC1A). Indien de schuur constructief losgekoppeld is van het woonhuis is er geen reden om een dergelijke schuur anders te beschouwen dan een losstaande schuur.

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

10/17

Het is voor de URM1-F typologie van belang zo goed mogelijk de actuele functie van deze schuur te kennen. Voor een schuur met nauwelijks verblijfsfunctie kan met een lagere bezettingsgraad worden gerekend dan voor een schuur die geheel of deels is verbouwd en dient als woonhuis, logiesvoorziening, werkplaats e.d.; dit onderscheid is in de NAM risicoberekening [2] niet gemaakt daar er uitgegaan is van een 10% kans [10] op aanwezigheid van personen in het schuurdeel van het huis¹.

Daarnaast is het de vraag in hoeverre URM1-F een voldoende homogene groep gebouwen betreft. Er komen meerdere typen boerderijen voor in Groningen, waarbij ook de constructieve samenhang verschillend kan zijn. Aanbevolen wordt te onderzoeken of de verschillende typen boerderijen afzonderlijk moeten worden beoordeeld.

TNO adviseert om het risicoprofiel van de URM1-F typologie eerst nader te onderzoeken voordat deze als onveilig worden bestempeld. We adviseren nog geen versterkingsacties voor deze typologie in gang te zetten voordat dit onderzoek is uitgevoerd. Het lijkt dat het schuurgedeelte in de HRA een grote bijdrage levert aan het berekende risico. Indien de schuur een opslagfunctie vervult hoeft deze niet meegenomen te worden in een IR berekening. Het berekende risico per boerderij zal in dat geval waarschijnlijk lager zijn. Het is niet onwaarschijnlijk dat die URM1-F gebouwen dan alsnog voldoen aan de IR veiligheidsnorm. Naar onze inschatting betreft dit een substantieel deel van de URM1-F gebouwen.

URM4-L

Voor de bouwtypologie URM4-L is op basis van triltafeltesten (EUCBuild-6) de kwetsbaarheidscurve volgens de NAM HRA 2019 in gunstige zin opgeschoven [11]. Dit, gecombineerd met het lagere niveau van seismische dreiging, leidt tot de uitkomst dat nagenoeg alle rijtjeswoningen URM4-L voldoen aan de IR-norm. In [6] is reeds geconcludeerd dat het draagkrachtttekort van de URM4-L gebouwen beperkt was. Met de verlaagde seismische dreiging (door nog verder verlaagde gaswinning) en de uit de triltafeltesten gebleken grotere dan tot nog toe aangenomen sterkte voldoen deze gebouwen nagenoeg allemaal aan de veiligheidsnorm.

Ook is op basis van aanvullende numerieke analyses de keuze gemaakt om gebouwen bij 90% of meer openingen in de begane grond gevel in te delen in deze typologie. In de NAM HRA 2018 [9] was dat bij 80% of meer de aanname. Dit is geconcludeerd op basis van werk van Mosayk [12]. Uit de voorliggende rapportage blijkt echter niet duidelijk of het omslagpunt nu bij 80% of 90% gevelopeningen ligt of bij een tussengelegen percentage. Een andere keuze voor

¹ NAM berekent een pandgebonden LPR, en gaat daarbij uit van permanente aanwezigheid voor het LPR in één pand. Voor de bijdrage aan dit risico van falen ergens in een pand is gerekend met een bijdrage recht evenredig met $A_{\text{debris}}/A_{\text{total}}$.

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
11/17

het omslagpercentage leidt mogelijk tot aanpassing van de aantallen. Het verandert naar onze inschatting niet de mate waarin de gebouwen niet voldoen aan de veiligheidsnorm. We verwachten derhalve dat ook in dat geval vrijwel alle rijtjeswoningen na 2020 voldoen aan de veiligheidsnorm.

TNO adviseert om de nieuwste kwetsbaarheidscurves gebaseerd op triltafeltesten te gebruiken. Dit maakt dat nagenoeg alle rijtjeswoningen reeds nu voldoen aan de IR veiligheidsnorm. Een klein aantal voldoet pas in 2020; versterking ligt hier niet voor de hand omdat het uitrollen van deze versterkingsmaatregelen waarschijnlijk langer duurt dan 1 jaar. Een kanttekening wordt gemaakt bij de indeling in typologieën op basis van percentage gevelopeningen; dit dient opgehelderd te worden, maar dit heeft geen effect op het feit dat vrijwel alle rijtjeswoningen in 2020 voldoen aan de veiligheidsnorm.

2.2.4 Vraag 2B: In hoeverre zijn deze aanpassingen te prefereren boven de laatst beschikbare kwetsbaarheidscurves?

In de ontwikkeling van de fragility curves voor de nieuwe HRA is opvolging gegeven aan de aanbevelingen van het internationaal review panel [13]. Er is met een beter toegesneden rekenmodel (Seismostruct) gewerkt voor de grond-constructie interactie, en er is gezocht naar een intensiteitsmaat die optimaal correleert met falen.

Het V6 fragility rapport [10] voor de kwetsbaarheidscurves is uitgebreider dan het V5 rapport [14]. Er worden 390 constructieve systemen onderscheiden (in V5 waren er dat nog 75). Er zijn in totaal 40 index gebouwen meegenomen (dit waren er 20 in V5). Door deze verdere uitbreiding is de onzekerheid in de afgeleide kwetsbaarheidscurves verkleind.

TNO adviseert de nieuwe set met kwetsbaarheidscurves te gebruiken. Deze vertegenwoordigen de nieuwste en verbeterde stand van de kennis.

2.2.5 Vraag 2C: In hoeverre kunnen kennisonzekerheden over deze kwetsbaarheidscurves op korte en langere termijn worden gereduceerd, zodat de betrouwbaarheid van de dreigings- en risicoanalyses kan worden verbeterd?

Op dit moment [2] voldoet in hoofdzaak de bouwtypologie URM1-F (de boerderijen) niet aan de veiligheidsnorm. Daarom wordt vooral naar deze typologie gekeken voor de verbetering van de risicoanalyse. Zoals hierboven weergegeven is het van belang beter inzicht te krijgen in de werkelijke functie van de boerderij, en dan met name de schuur. In termen van risico is het een groot verschil of deze geheel of gedeeltelijk een woon-, of verblijfsfunctie heeft, of in zijn geheel voor opslag van goederen of voor vee wordt gebruikt.

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

12/17

Ook dient gekeken te worden welke gebouw-tot-gebouw-spreiding voor het typologie URM1-F in rekening gebracht dient te worden. Mogelijk dient URM1-F nog verder onderverdeeld te worden in enkele sub-typologieën.

TNO adviseert vooral de typologie URM1-F nader te bezien, vooral de functie van de schuur en na te gaan welke mogelijke sub-typologieën van belang zijn voor de risicoanalyse. Dit kan aan de hand van een verificatie inspectie, te combineren met het vaststellen of en in hoeverre woonhuis en schuur constructief verbonden zijn.

Voor de risicoanalyse als geheel is het van groot belang door middel van verificatie-inspecties éénduidig vast te stellen welke typologie voor een concreet gebouw wordt gebruikt. Dit betekent niet dat alle gebouwen deze verificatie-inspectie nodig hebben. Voor gebouwen waarvoor in de HRA gewerkt wordt met 'inference rules' (kansen op verschillende typologieën omdat inspectiegegevens ontbreken) wordt geadviseerd een test-analyse met het HRA model uit te voeren op basis van de meest nadelige typologie om vast te stellen voor welke gebouwen een verificatie inspectie nodig is. Indien op basis van deze test analyse het gebouw voldoet hoeft geen inspectie plaats te vinden; indien het gebouw niet voldoet wordt een verificatie-inspectie ingezet en kan een verbeterde beoordeling plaatsvinden.

TNO adviseert op zeer korte termijn voor die gebouwen waar het benodigd is (dit is naar onze inschatting een beperkt aantal) een verificatie-inspectie te doen om te komen tot een éénduidige typologie classificatie.

3. Beantwoording vraag 3

3.1 Vraagstelling

Hoe verhoudt de dreigings- en risicoanalyse zich tot de versterkingspraktijk waarin aan de hand van de NPR 9998:2018 maatregelen worden bepaald, in het bijzonder in het licht van de afnemende seismische dreiging door afbouw van de gaswinning?

3.2 Beantwoording vraag 3

Als inleiding op de beantwoording wordt allereerst opgemerkt dat de praktijk van de versterking tot op heden (1 mei 2019) is gebaseerd op de versies van NPR 9998 uit 2015 dan wel de ontwerpversie van 2017. TNO is niet bekend met reeds lopende versterkingsactiviteiten die op basis van NPR 9998:2018 worden uitgevoerd [15].

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
13/17

NPR 9998:2015 leidt tot buitenproportionele versterkingsmaatregelen, met vooral sloop-nieuwbouw besluiten, die gegeven de ontwikkelingen van de kennis over zowel de seismische dreiging als over de sterkte van gebouwen niet nodig zijn vanuit het perspectief van veiligheid. NPR 9998:2015 is gebaseerd op niet meer actueel zijnde zeer hoge niveaus voor de gaswinning, op verouderde modellen voor de grondbewegingen en op zeer beperkte kennis van de kwetsbaarheid van gebouwen. Ditzelfde geldt, zij het in mindere mate, voor de ontwerpversie van NPR 9998 uit 2017.

TNO adviseert in alle gevallen gebruik te maken van de laatste versie van NPR 9998. Deze is gebaseerd op actuele gasproductieniveaus en bevat de laatste technische inzichten. Het is ook niet aan te raden voor verschillende batches verschillende versies van NPR 9998 en daarmee verschillende gasproductieniveaus aan te houden; dit creëert vanuit technisch oogpunt een niet bestaande ongelijkheid.

Voor wat betreft de kwetsbaarheid van gebouwen is in NPR 9998:2018 via onder meer bijlagen G en H invulling gegeven aan de beoordeling van metselwerk in-het-vlak (Bijlage G) en uit-het-vlak (Bijlage H).

Met betrekking tot het in-het-vlak gedrag heeft de TU Delft [16] een studie gedaan om de verschillen duidelijk te maken tussen een berekening conform bijlage G en uitkomsten van de triltafeltesten. Het blijkt dat vooral de vereenvoudigde rekenmethoden leiden tot een significante onderschatting van de werkelijke capaciteit. Deze vereenvoudigde rekenmethoden kunnen daarom slechts ingezet worden voor een eerste grove schifting; een uiteindelijke veiligheidsbeoordeling dient gedaan te worden op basis van de verbeterde methoden (die deels in de NPR 9998:2018 zijn opgenomen) welke meer aansluiten bij de triltafeltesten.

TNO adviseert de NPR 9998 in te zetten voor een beoordeling op typologieniveau waarbij gebruik gemaakt wordt van rekenmethoden die zo goed mogelijk de werkelijke sterkte van bouwwerken inzichtelijk maken.

Voor het uit-het-vlak gedrag worden in de NPR 9998:2018 in hoofdstuk 9 (Tabel 9.2) en bijlage H rekenregels gegeven. Ter illustratie wordt voor twee wanden de triltafeltesten naast de uitkomsten van een NPR berekening geplaatst in Tabel 2; de weergegeven waarde betreffen de capaciteit van de wand uitgedrukt in de piekversnelling aangebracht aan de voet van de wand. Er wordt in Tabel 2 één voorbeeld gegeven van een wand die 2-zijdig gesteund is en één voorbeeld van een wand die 4-zijdig gesteund is.

De vergelijking is uitsluitende bedoeld ter illustratie voor het duiden van patronen; het betreft namelijk slechts één geval en een uitkomst van een experiment moet ten behoeve van een beoordeling nog omgerekend te worden naar een veilige rekenwaarde.

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
14/17

Tabel 2: Capaciteit uit-het-vlak volgens experiment en NPR 9998:2018

	Experiment EUCentre	NPR 9998 Tabel 9.2	NPR 9998 Annex H
Wand 2-zijdig gesteund (SIN_01_00)	0.85g	0.17g	0.88g
Wand 4-zijdig gesteund (CS-005-RR)	1.93g	0.06g	0.55g

Uit bovenstaande tabel wordt duidelijk dat het gebruik van Tabel 9.2 in de NPR 9998:2018 af te raden is, omdat deze de capaciteit van de wand systematisch onderschat. In het geval van 2-zijdig gesteunde wanden geeft Annex H een redelijke benadering (hiervoor is deze Annex namelijk ook afgeleid). Voor 4-zijdig gesteunde wanden levert Annex H een onderschatting van de werkelijke capaciteit. In de praktijk zijn wanden vaak 3- of 4-zijdig gesteund. In de praktijk zal het toepassen van Annex H van NPR 9998:2018 leiden tot een onderschatting van de werkelijke uit-het-vlak capaciteit, en daarmee tot het onterecht afkeuren van in werkelijkheid voldoende veilige constructies.

TNO adviseert Annex H van NPR 9998 te kalibreren aan triltafeltesten om een zo juist mogelijke inschatting van de uit-het-vlak capaciteit van metselwerk wanden te verkrijgen.

4. Beantwoording vraag 4

4.1 Vraagstelling

Welke tijdelijke en/of standaard versterkingsmaatregelen (inclusief mogelijk tijdspad) kunnen worden overwogen in geval van een (acute) verandering in de veiligheidssituatie?

4.2 Beantwoording vraag 4

Deze vraag wordt beantwoord in twee delen.

4.2.1 Wat moet worden verstaan onder een (acute) verandering in de veiligheidssituatie?

TNO heeft deze vraag benaderd vanuit probabilistisch HRA perspectief, gebaseerd op een objectieve maat voor de veiligheidssituatie en dus niet op een mogelijke publieke perceptie daarvan. Ook is uitgegaan van een mogelijke verslechtering van de veiligheidssituatie, niet een (acute) verbetering.

Datum
7 mei 2019

Onze referentie
AGE 19-10.025

Blad
15/17

Probabilistische HRA systematiek

Een probabilistische HRA kan een uitspraak doen over de kans op bevingen groter (of kleiner) dan een bepaalde magnitude. De kans op een beving in 2019 - ergens in Groningen - met een magnitude groter dan 3,4 (vgl. de beving bij Zeerijp op 8.1.2018) bedraagt ca 26%. Dit percentage is ontleend aan de informatie in de NAM HRA 2019 op basis van de Gutenberg-Richter relatie, die de verhouding tussen de kans op zwaardere en lichtere bevingen aangeeft. Gesteld, dat een beving met magnitude 3,4 of groter zich zal voordoen in 2019, dan betekent dat niet bij voorbaat een (acute) verandering in de veiligheidssituatie.

Meet- en Regelprotocol Groningen

Het Groningen Meet- en Regelprotocol [17] geeft een uitgebreide beschrijving van mogelijke situaties (ook 'onverwachte') en ingrepen. Het M&RP zegt op p.24:

Een gebeurtenis op interventieniveau betekent niet dat automatisch sprake is van een gebeurtenis die de veiligheid in het geding brengt. De parameters op dit niveau zijn met name gekozen op basis van historische gegevens over de waarde van de gekozen parameters waarbij grote maatschappelijke onrust is ontstaan of verwacht wordt dat die zal ontstaan, niet omdat niet meer voldaan zou worden aan de veiligheidsnormen.

Het M&RP leidt dus niet automatisch tot de vaststelling van een verandering in de veiligheidssituatie, maar kan wel aanleiding geven tot nader onderzoek gericht op interventie.

Advies TNO

Feit is dat seismisch risico in de vorm van schadetoestanden DS4 of DS5 (deels of geheel bezwijken van de constructie) zich materieel tot nu toe niet heeft voorgedaan in Groningen. Modelberekeningen en triltafeltesten geven aan dat pas bij grondversnellingen behorende bij bevingen met magnitude (ruim) boven 4 er een kans zal zijn van optreden van (grootschalige) DS4 of DS5.

Volgens de HRA systematiek zou er pas sprake zijn van een (acute) verandering in de veiligheidssituatie, indien een enkele (of meerdere) beving(en) een significante verandering veroorzaakt in het individueel risico.

TNO adviseert om in geval van een beving in Groningen met een magnitude in de orde van grootte van 'Zeerijp' of hoger een actualisatie van de HRA uit te (laten) voeren. Naast een herkalibratie van het seismologisch model, kan dit ook inhouden het actualiseren van het model zelf in geval van een seismologisch 'onverwachte' gebeurtenis.

Het resultaat van een dergelijke actualisatie geeft aan of er sprake is van een significante verandering in de veiligheidssituatie, en – indien het geval blijkt te zijn - is richtinggevend voor aanpassing van het versterkingsprogramma in termen van tijdelijke en/of standaard versterkingsmaatregelen (inclusief mogelijk tijdsfad).

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

16/17

4.2.2 Welke tijdelijke en/of standaard versterkingsmaatregelen (inclusief mogelijk tijdspad) kunnen worden overwogen?

TNO heeft medio 2018 geadviseerd om te komen tot een versnelde inspectie en opvolging daarvan in het versterkingsprogramma [6]. In dat advies is ook aandacht besteed aan de aard en het mogelijke tijdspad van tijdelijke en/ of standaard versterkingsmaatregelen. TNO ziet op dit moment geen aanleiding om van dat advies af te wijken.

Echter, opvolging van dat TNO advies blijkt tot dusver minimaal [15]. TNO observeert dat er een toenemend gat is ontstaan tussen de richtinggevende functie van de achtereenvolgende HRA's en de opvolging daarvan in het versterkingsprogramma en de uitvoering daarvan.

TNO concludeert dan ook, dat een adequate reactie op eventuele een (acute) verandering in de veiligheidssituatie een veel slagvaardiger, flexibeler en proactief beleid vergt ten aanzien van de versterkingsoperatie.

Referenties

- [1] Impact inzetstrategie op Noordelijke provincies, TNO, 8 februari 2019, kenmerk: AGE 19-10.010.
- [2] Seismic Hazard and Risk Assessment Groningen Field update for Production Profile GTS - raming 2019, NAM, maart 2019.
- [3] Eindadvies Handelingsperspectief voor Groningen Adviescommissie 'Omgaan met risico's van geïnduceerde aardbevingen' (Commissie-Meijdam), 14 December 2015.
- [4] Brief van de Minister van Economische zaken aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, d.d. 3 november 2015, referentie 33529, nr. 205.
- [5] Advies van Mijnraad aan Minister van EZK, juli 2018.
- [6] Advies veiligheid bouwwerken bij verlaagd niveau gaswinning", TNO, 27 juni 2018.
- [7] SODM: "Gevolgen voor de veiligheidsrisico's en de versterkingsopgave". Advies van het Staatstoezicht op de mijnen naar aanleiding van de afbouw van de gaswinning in Groningen, juli 2018.
- [8] NEN: NPR 9998:2018, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren – geïnduceerde aardbevingen – Grondslagen, belastingen en weerstanden, november 2018.
- [9] NAM, Seismic Risk Assessment for Production Scenario "Basispad Kabinet" for the Groningen field. Addendum to: Induced seismicity in Groningen Assessment of Hazard, Building Damage and Risk (November 2017), NAM report June 2018.
- [10] Report on the v6 Fragility and Consequence Models for the Groningen Field, Crowley H., Pinho R. & Cavalieri F., 2019.

- [11] Mosayk (2019) "Blind prediction modelling and analysis of EUC-BUILD6 specimen," January 2019.
- [12] Mosayk (2019) "Impact of ground floor openings percentage on the response of a terraced house unit model," April 2019.
- [13] Assurance Meeting on Exposure, Fragility and Fatality Models for the Groningen Building Stock (Long Version), Letter and Report Assurance Panel, March 2018.
- [14] Report on the v5 Fragility and Consequence Models for the Groningen Gas Field, Helen Crowley and Rui Pinho, November 2017.
- [15] NCG, Veiligheid voorop en de bewoner centraal, plan van aanpak Advies Mijnraad, november 2018.
- [16] TUDelft, Achtergrondartikelen_bij_Annex_G_van_NPR_9998-2018, 2018.
- [17] NAM, Groningen Meet- en Regelprotocol, 29 mei 2017.

Datum

7 mei 2019

Onze referentie

AGE 19-10.025

Blad

17/17