

**Bodemdaling en
aardbevingsrisico Q16-
Charlie-Noord**

Addendum aardbevingsrisico

concept



Bodemdaling en aardbevingsrisico Q16-Charlie-Noord

Addendum aardbevingsrisico



11200728-002

Titel

Bodemdaling en aardbevingsrisico Q16-Charlie-Noord

Opdrachtgever

Oranje-Nassau Energie B.V. 11200728-002

UNStudio, 7th floor

Project**Kenmerk**

11200728-002-BGS-0006 27

Pagina's**Classificatie**

vertrouwelijk tot mei 2027

Trefwoorden

Aardbevingsrisico kleine velden, bodemdaling, prognose

Referenties

Offerte 11200728-001-BGS-001-v1-o en opdracht ONENL-002177 Rev 0

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.1	Juni 2018						

Status

Geaccepteerd door opdrachtgever, 22 juni 2018.

Inhoud

1 Samenvatting	1
2 Aanleiding en vraagstelling	2
3 Seismisch risico analyse	2
3.1 Inleiding	2
4 Conclusie screening seismisch risico	8
5 Referenties	9

1 Samenvatting

Dit rapport is een aanvulling op de inschatting van het aardbevingsrisico beschreven in het rapport 11200728-002-BGS-0002-v2-r-Bodemdaling en aardbevingsrisico Q16-Charlie-Noord. Deze aanvulling betreft het doorlopen van Stap 2 van de Methodiek voor Risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning (Staatstoezicht op de Mijnen, 2016). Deze stap was voor het opstellen van het genoemde rapport al uitgevoerd. Ook was al de conclusie gerapporteerd dat een screening van het aardbevingsrisico op basis van de potentiële maximale magnitude het gasvoorkomen Q16-Charlie Noord in de risicoklasse I plaatst. Dit houdt in dat een kwantitatieve risicoanalyse niet nodig is en volstaan kan worden met monitoring van de seismische activiteit met het bestaande KNMI meetnetwerk.

2 Aanleiding en vraagstelling

Oranje-Nassau Energie B.V. (ONE) is voornemens het voorkomen Charlie Noord in het Q16 blok te onderzoeken op gasvoorkomen door een exploratie put te boren. In verband met het winningsplan is het van belang goed inzicht te hebben in de mogelijke effecten van de gaswinning op de omgeving van het gasveld.

Deltares heeft twee eerdere studies uitgevoerd naar bodemdaling (de Lange & Luger, Bodemdalingstudie ONE Q16 Maasveld, 2012) en bevingsrisico (de Lange & Kruijver, Nadere analyse trillingsrisico gasveld Q16-Maas, 2013) in het ONE Q16 blok. Gebruik makend van gegevens uit deze studies en nieuwe informatie van ONE bv is voor Charlie Noord in september 2017 het rapport 11200728-002-BGS-0002-v2-r-Bodemdaling en aardbevingsrisico Q16-Charlie-Noord door Deltares uitgebracht. Op verzoek van ONE bv is in dit rapport de screening van het aardbevingsrisico nader uitgewerkt.

3 Seismisch risico analyse

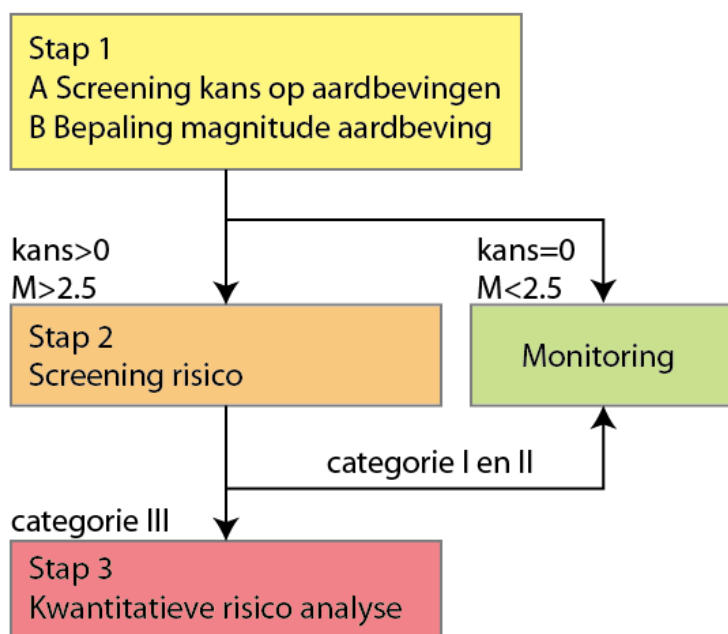
3.1 Inleiding

Aardgaswinning leidt tot spanningsveranderingen in de bodem. Bij voldoende grote spanningsveranderingen worden de spanningen zo groot dat er plaatselijk bewegingen optreden langs breukvlakken. Spanningsveranderingen kunnen het gevolg zijn van drukverlagingen in het gasveld die resulteren in compactie van het reservoirgesteente. Bij breuken die door de interne stroefheid van het gesteente niet meebewegen kan op enig moment de spanning de weerstand overschrijden, waardoor de breuk weer gaat bewegen.

Als dit plotseling en schoksgewijs gebeurt, resulteert dit in druk- en schuifspanningsgolven die naar het maaiveld migreren. Deze zorgen voor trillingen aan het oppervlak die als een aardbeving worden waargenomen. Omdat bij gasvelden de oorzaak menselijk ingrijpen is wordt er gesproken van geïnduceerde seismiciteit. De trillingen die als gevolg hiervan ontstaan aan de oppervlakte zijn voelbaar voor personen en kunnen schade aan constructies, gebouwen en inventaris, evenals gronddeformaties tot gevolg hebben.

Om voor het winningsplan een schatting te maken van het aardbevingsrisico zijn berekeningen gemaakt aan de hand van de analyse beschreven in de Methodiek voor risicoanalyse over geïnduceerde bevingen door gaswinning (Staatstoezicht op de mijnen, 2016). Het stroomschema beschreven in deze methodiek bestaat uit 3 stappen (Figuur 3.1). Eerst wordt er een screening van het potentiële aardbevingsrisico uitgevoerd om te bepalen of verdere studie nodig is.

Voor velden die op basis van deze berekeningen een verwaarloosbare kans hebben om geïnduceerde bevingen te genereren of waar geen bevingen sterker dan $M=2,5$ op de schaal van Richter zijn te verwachten, zijn geen aanvullende onderzoekstappen noodzakelijk en volstaat monitoring d.m.v. het bestaande KNMI netwerk. Voor de overige velden wordt overgegaan tot de tweede stap in de analyse. Hiermee wordt de risicocategorie bepaald. In het geval van categorie I en II is alleen monitoring nodig. In het geval van categorie III is wordt het dan een kwantitatief risico analyse uitgevoerd.



Figuur 3.1 Beslisstructuur voor de seismisch risico analyse

3.2 Step 1: Screening kans op aardbevingen

Step 1A van de screening van de kans op aardbevingen wordt uitgevoerd met behulp van de Deterministic Hazard Analysis of Induced Seismicity (DHAIS). Uit de gegevens van alle producerende gasvelden in Nederland heeft TNO relaties opgesteld tussen de eigenschappen van de ondergrond, de winningsmethode en de drukveranderingen en het optreden van bevingen (Van Thienen-Visser et al., 2012). Op basis drie daarin gestelde criteria voor de relatieve kans op beven worden geschat (Tabel 3.1). Deze criteria zijn de volgende:

- (i) Relatieve drukval (DP/P_{ini})
- (ii) Relatieve breukdichtheid ($B = \text{Breukoppervlakte}^{3/2}/\text{Brutogesteentevolume}$)
- (iii) Relatieve stijfheid ($E_{ratio} = E_{burden}/E_{reservoir}$)

DP/P _{ini}	B	E _{ratio}	Kans
< 28%			Verwaarloosbaar
> 28%	< 0.86		Verwaarloosbaar
	> 0.86	< 1.01	Verwaarloosbaar
		> 1.01 & < 1.33	0.19
		> 1.33	0.42

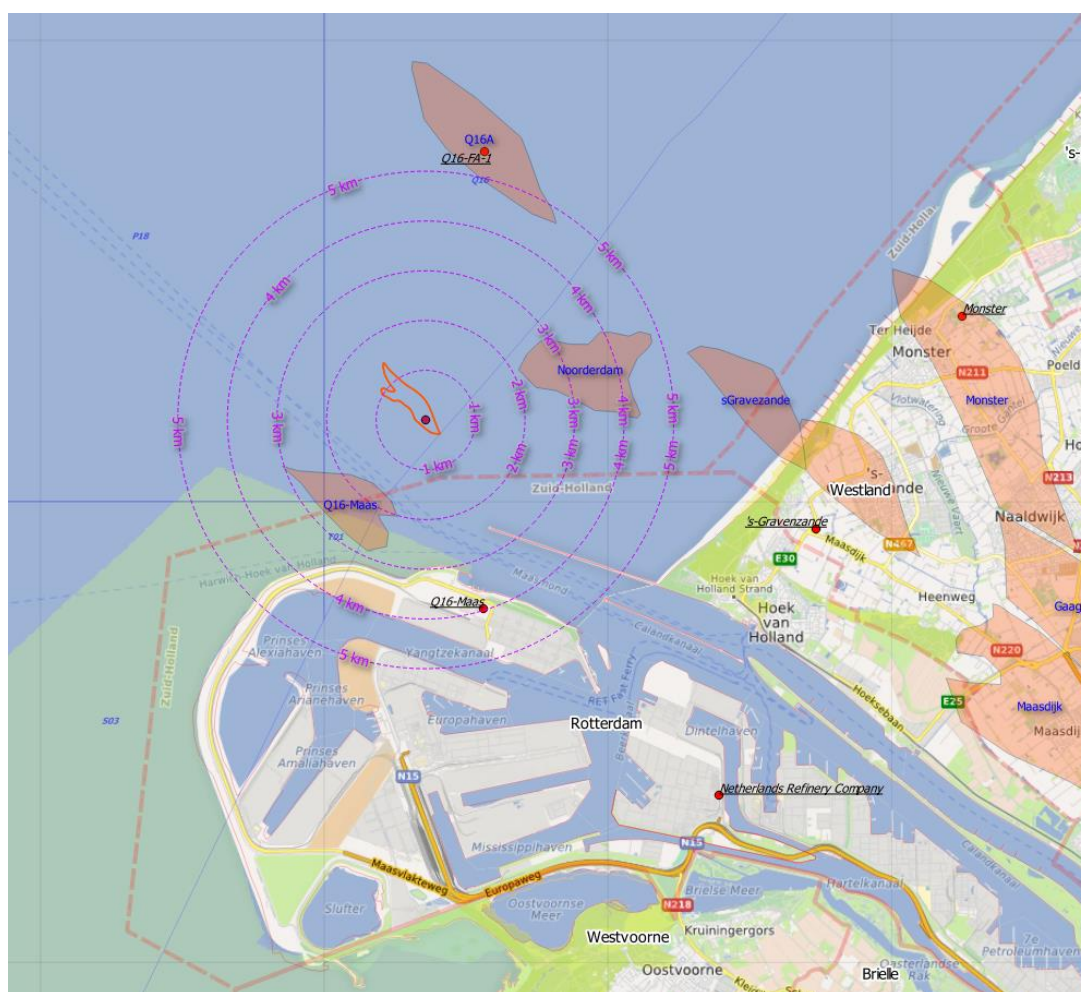
Tabel 3.1 Kans op aardbeving volgens de DHAIS methode.

In rapport 11200728-002-BGS-0002-v2-r-Bodemdaling en aardbevingsrisico Q16-Charlie-Noord is geconcludeerd dat op basis van criteria (i) en (ii) er een kans is op aardbevingen. In het voornoemde rapport is de berekende $E_{burden}/E_{reservoir}$ (de E-factor) gebaseerd op de overliggende gesteentekolom. Volgens de leidraad dient hier de direct afsluitende laag te worden genomen en valt de E-factor iets hoger uit waardoor de kans op beven op 19% wordt geschat volgens de leidraad. Door het KNMI is bij geen van de gasvelden in de omgeving van

Q16-Charlie-Noord, met een vergelijkbare diepte en geologisch profiel, een aardbeving waargenomen. Met het oog op het bovenstaande is ook stap 1B, bepaling van de potentiële maximale magnitude, uitgevoerd. Q16-Charlie-Noord heeft in de magnitude klasse van één van de methoden een potentiële maximale magnitude van 3,8. Hierdoor is het nodig een risicomatrix op te stellen voor Q16-Charlie-Noord (zie Stap 2 in de volgende paragraaf).

3.3 Stap 2: screening risico

Op basis van een risico matrix worden de verschillende invloedfactoren semi-kwantitatief geanalyseerd. De factoren zijn degene die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke groundbeweging (de invloedfactoren ondergrond) en degene die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de invloedfactoren bovengrond). Hierbij wordt een buffer van 5 km om het veld in acht genomen (*Figuur 3.2*). De factoren worden geanalyseerd en op basis van de uitkomst per factor gerankt. Over de scores van de individuele factoren wordt gesommeerd, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt bepaald (*Tabel 3.2, Tabel 3.3, Tabel 3.4, Tabel 3.5*). Deze worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond en bovengrond en in de risico matrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie (1,2 of 3) wordt bepaald (*Figuur 4.1*).



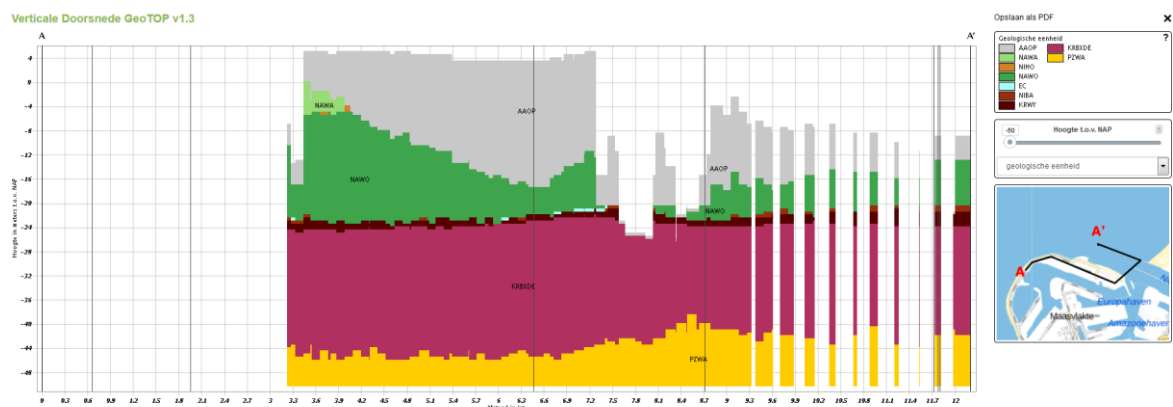
Figuur 3.2 Afstandsroos van Q16Charlie-Noord met een buffer van 5km

	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslingering
5		Alle methodes >4,5		
4	Bevend veld > 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode > 4,5 én/of Alle methodes 4,1 – 4,5		
3	Bevend veld < 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode 4,1 – 4,5 én/of Alle methodes 3,6 – 4,0		>60% slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of >30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
2	P=42% Of Bevend veld $M < 1,5$	1 methode 3,6 – 4,0 én/of Alle methodes 3,1 – 3,5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of 15-30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
1	P=19%	1 methode 3,1 – 3,5 én/of Alle methodes 2,6 – 3,0		10-30% slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of 5-15% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
0		1 methode 2,6 – 3,0 én/of Alle methodes $\leq 2,5$	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10 % slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of < 5% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.

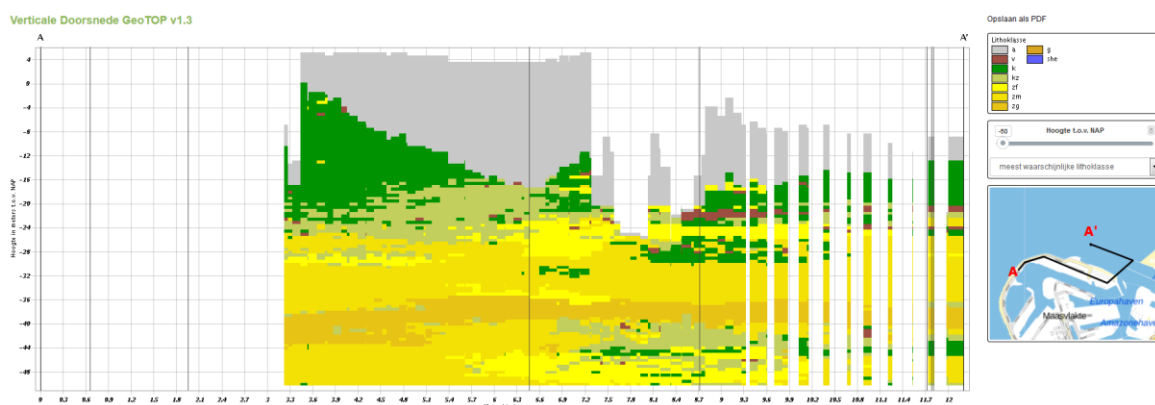
Tabel 3.2 Classificering van de invloedfactoren ondergrond (Staatstoezicht op de mijnen, 2016)

Tabel 3.2 toont de minimale en maximale score van de ondergrond factoren. Hieronder bieden we een uitleg voor de score.

- DHAIS: volgens de leidraad wordt een kans van beving van 19% aangehouden.
- M: volgens tenminste een methode is de potentiële maximale magnitude $3,6 \leq M_w \leq 4,0$.
- Ligging: het veld ligt onder de lijn Amsterdam-Arnhem.
- Slappe lagen: uit de analyse van boringen in het gebied (DINOloket, *Figuur 3.3*, *Figuur 3.4*) blijkt dat 10-30% van de grond binnen 30 m diepte onder maaiveld uit slappe lagen (klei en veen) kunnen bestaan. Dikke (> 3 m) veenlagen komen niet voor. Een uitgebreid analyse van geologische data in het gebied ligt buiten het doel van dit project.



Figuur 3.3 geologische doorsnede van GEOTOP lithostratigrafie onder maaiveld binnen de 5 km buffer



Figuur 3.4 geologische doorsnede van GEOTOP onder maaiveld binnen de 5 km buffer met meest waarschijnlijk lithologie

	Score
DHAIS	1
M	2
Ligging	0
Slappe lagen	1
Totaal genormaliseerd (n/14)	0.29

Tabel 3.3 Score per categorie ondergrond

De totale score voor de ondergrond factoren is 0.29.

	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
2	500-1000 en/of 250-500 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
1	250-500 en/of <250 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld		1 school, tehuis en/of publieksgebouw binnen 5 km rond het veld.	
0	< 250	Geen binnen 5 km rond het veld	Geen boven en/of binnen 5 km rond het veld	Geen dijken binnen 5 km rond het veld

Tabel 3.4 Classificering van de invloedfactoren bovengrond (Staatstoezicht op de mijnen, 2016)

Tabel 3.4 toont de minimale en maximale score van de bovengrond factoren. Hieronder bieden we een uitleg voor de score. Er bevinden zich geen objecten of woningen direct boven het reservoir, wel binnen de 5 km buffer (Figuur 3.2).

- Bevolkingsdichtheid & bebouwing: er bevinden zich geen woonhuizen binnen de 5km-buffer,
- Industriële inrichtingen: Binnen de 5-km buffer bevinden zich twee containerterminals en twee tankfarms,
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur bevinden zich niet in de 5 km buffer,
- Dijken: De waterkering van de Maasvlakte 2 bevindt zich binnen de 5 km buffer. Het meenemen van de waterkering in de score is een conservatieve benadering: volgens de risicokaart waar de leidraad naar verwijst (www.risicokaart.nl), wordt deze waterkering niet aangemerkt als een primaire of secundaire dijk.

	Score
Bevolkingsdichtheid	0
Industriële inrichtingen	3
CI	0
Dijken	3
Totaal genormaliseerd (n/16)	0.38

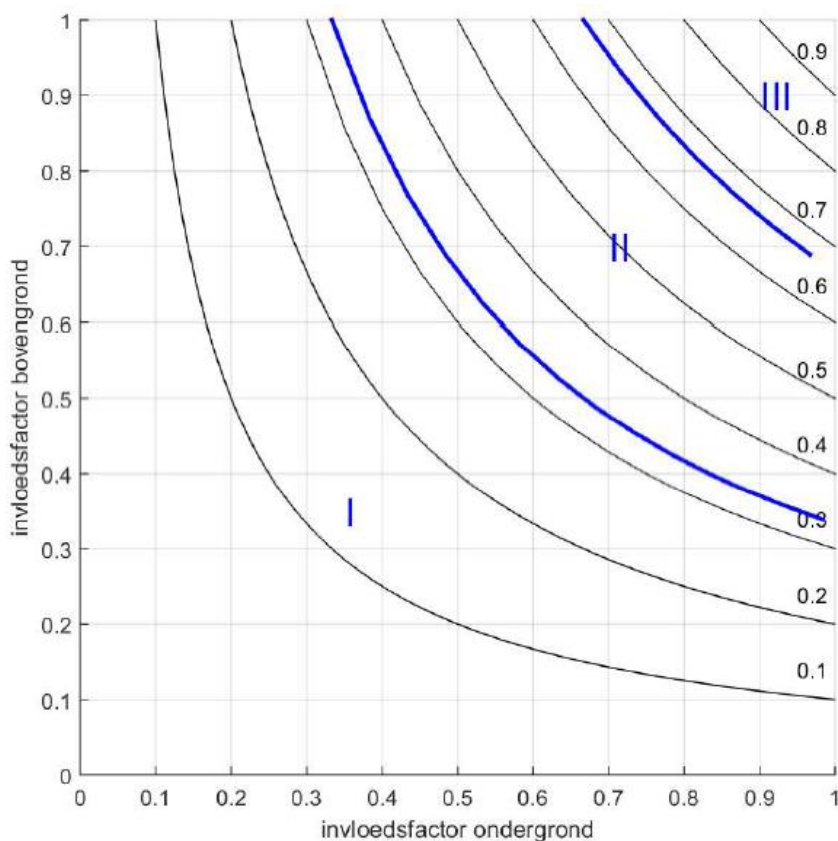
Tabel 3.5 Score per categorie ondergrond

De score voor de bovengrond factoren is 0.38

4 Conclusie screening seismisch risico

De in §3.2 bepaalde kans op het optreden van een geïnduceerde aardbeving is verwaarloosbaar klein. Bij een verdere screening van het risico valt Q16-Charlie Noord in de magnitude klasse $M_w > 2,5$.

Op basis van de score van de invloedsfactoren op het aardbevingsrisico valt Q16-Charlie-Noord in de risicocategorie I (0.29 punten voor ondergrond- en 0.38 punten voor bovengrond factoren, *Figuur 4.1*). Voor dit veld is geen Kwantitatieve Risico Analyse (Stap 3) nodig en kan worden volstaan met monitoring met het huidige gefoon- en accelerometernetwerk van het KNMI.



Figuur 4.1 De risico matrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van $1/3$ en $2/3$ van het genormaliseerde risico (Staatstoezicht op de mijnen, 2016)

5 Referenties

- de Lange, G., & Kruiver, P. (2013). *Nadere analyse trillingsrisico gasveld Q16-Maas*. Utrecht: Deltares.
- de Lange, G., & Luger, D. (2012). *Bodemdalingstudie ONE Q16 Maasveld*. Utrecht: Deltares.
- Kanamori, H., & Anderson, D. (1975). Theoretical basis of some empirical relations in seismology. *Bulletin Seismology Society America*, 1073-1095.
- Oranje Nassau Energy B.V. (2017). *Well Proposal for the Maasmond-01 (MSM-01) Exploration Well, Prospect Q16-Charlie-North, Block Q16c, Dutch Offshore*. Amsterdam.
- Staatstoezicht op de mijnen. (2016). *Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning*. Den Haag: Staatstoezicht op de mijnen.
- TNO/KNMI. (2012). *Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiteit in Nederland*. www.nlog.nl.