



# Schadeonderzoek woningen Emmen

Hoofdrapport

Nederlandse Aardolie Maatschappij BV

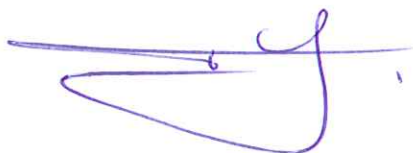
15 juni 2016

Project Schadeonderzoek woningen Emmen  
Document Hoofdrapport  
Status Definitief  
Datum 15 juni 2016  
Referentie EMN104-1/16-010.429

Opdrachtgever Nederlandse Aardolie Maatschappij BV  
Projectcode EMN104-1  
Projectleider ing. H.L.M. Laagland  
Projectdirecteur prof. dr.ir. T.A.M. Salet

Auteur(s) M.S. Dijk MSc.  
Gecontroleerd door ing. H.L.M. Laagland  
Goedgekeurd door prof. dr.ir. T.A.M. Salet

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Van Twickelostraat 2  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
www.witteveenbos.com  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## MANAGEMENT SAMENVATTING

De gaswinning in het Emmen veld heeft op 30 september 2015 geleid tot een geïnduceerde aardbeving met een kracht van 2.3 (M<sub>L</sub>) op de schaal van Richter. De aardbeving heeft geleid tot 118 schademeldingen aan woningen bij NAM, variërend in afstand van 0 tot 15 km vanuit het epicentrum. 111 van deze meldingen zijn onderzocht, 7 schademeldingen zijn later ingetrokken door de bewoners. Elk van de meldingen bestaat uit een of meerdere schades.

NAM heeft aan Witteveen+Bos gevraagd om een onderzoek uit te voeren naar de schade zoals deze na de aardbeving is gemeld. Het onderzoek moet antwoord geven op de vraag of er schade is veroorzaakt aan woningen in Emmen door de aardbeving van 30 september 2015.

Het onderzoek bestaat naast een bureaustudie naar omgevings- en objectdata, uit een visuele inspectie van alle woningen, een data analyse en een reikwijdte onderzoek. Tijdens de inspectie zijn alle waarneembare schades opgenomen, beschreven en vastgelegd in een database.

In vrijwel alle gevallen is, middels dit onderzoek, een bouwkundige oorzaak van de schade achterhaald of is aangetoond dat de schade dateert van voor de aardbeving van 30 september 2015. Van circa 1/3 van de onderzochte schades is op grond van de inspecties, op voorhand, niet uit te sluiten dat de aardbeving mogelijk ook een rol heeft gespeeld bij het ontstaan of verergeren van de schade. Teneinde een uitspraak te kunnen doen over deze mogelijk door aardbeving veroorzaakte of verergerde schades is een analyse uitgevoerd op alle beschikbare data uit het onderzoek.

Uit de data-analyse blijkt dat er een relatie is tussen het aantal schademeldingen en de afstand tot het epicentrum. De relatie geeft aan dat het aantal schademeldingen groter is dichterbij het epicentrum. Dit kan duiden op het bestaan van aardbevingsgerelateerde schade. Ook in gesprekken tussen inspecteurs en bewoners kwam naar voren dat veel bewoners de beleving hebben dat er schade is ontstaan door de aardbeving. Echter, in dit onderzoek is er geen verband vastgesteld tussen omvang van de feitelijke schade en de afstand tot het epicentrum. De schadeomvang is gelijk in omvang ongeacht de afstand tot het epicentrum. Dit geldt zowel voor het aantal schades, scheurlengte en scheurwijdte. Bovendien is dit patroon niet afwijkend voor de schades die zijn aangemerkt als mogelijk veroorzaakt of verergerd door de aardbeving ten opzichte van het beeld dat wordt verkregen uit alle schades. Deze schades hebben derhalve geen afwijkende oorzaak.

Uit het reikwijdte onderzoek (Bijlage V) blijkt dat de piekgrondsnelheden (PGV) de grenswaarde gegeven door Stichting Bouwresearch (SBR) uit SBR richtlijn A voor geen van de categorieën wordt overschrijden. De PGV waarde blijft ver onder de grenswaarde waarbij de kans op schade aan een gebouw verwaarloosbaar klein is.

Op basis van het bouwkundig onderzoek aan de woningen met een schademelding, de data analyse en het reikwijdte onderzoek kan worden geconcludeerd dat de beving van 30 september 2015 geen schade heeft veroorzaakt aan de woningen in Emmen.

# INHOUDSOPGAVE

<b>MANAGEMENT SAMENVATTING</b>	<b>1</b>
<b>1 INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1 Algemeen	1
1.2 Schademeldingen	2
1.3 Onderzoek	4
1.4 Leeswijzer	4
<b>2 ONDERZOEKSMETHODE</b>	<b>5</b>
2.1 Algemeen	5
2.2 Bureaustudie	6
2.3 Inspecties	7
2.4 Schade beoordeling	8
2.5 Data analyse	9
2.6 Reikwijdte onderzoek	10
2.7 Bewoners rapport	10
<b>3 RESULTAAT</b>	<b>11</b>
3.1 Inleiding	11
3.2 Data analyse van schadebeeld	12
3.3 Reikwijdte onderzoek	16
<b>4 CONCLUSIE EN VERVOLG</b>	<b>18</b>
4.1 Conclusie	18
4.2 Vervolg	18
Laatste pagina	<b>18</b>



	<b>Bijlage(n)</b>	<b>Aantal pagina's</b>
I	Definitielijst	1
II	Literatuurlijst	1
III	Inspectievragenlijst	12
IV	Schade typologieën	3
V	Rapport reikwijdte onderzoek	42
VI	Voorbeeld inspectie rapport	18



# 1

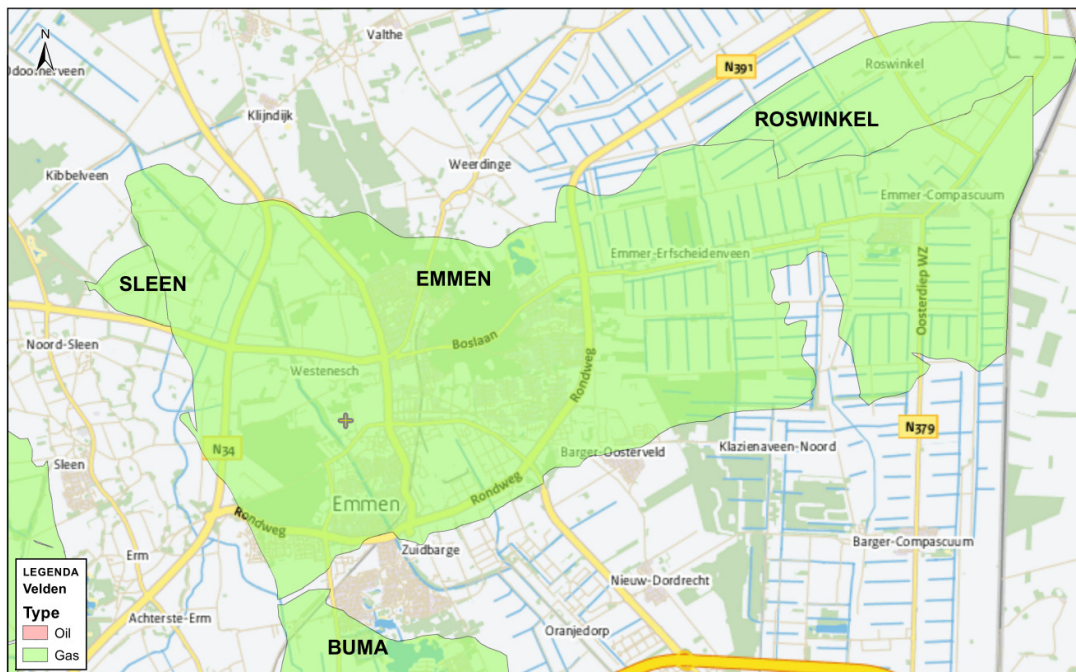
## INLEIDING

### 1.1 Algemeen

Door NAM wordt gas gewonnen uit een aantal velden in Nederland. Een van de velden, naast het bekende Groningen veld (Slochteren), is het Emmen veld. Het bevindt zich op een diepte van meer dan 3.300 meter en wordt afgedekt door de Zechtstein zoutformatie.

De gaswinning in het Emmen veld heeft in het verleden geleid tot een aantal geïnduceerde aardbevingen. De zwaarste beving is waargenomen op 30 september 2015 om 23:34 uur lokale tijd. De aardbeving is geregistreerd en vastgelegd door het KNMI in de aardbevingscatalogus voor geïnduceerde aardbevingen, met als coördinaten lengtegraad 6.880°, breedtegraad 52.778° en een diepte van 3,0 km. De aardbeving had een kracht van 2,3 ( $M_L$ ) op de schaal van Richter. De locatie van het Emmen gasveld is weergegeven in de kaart in afbeelding 1.1.

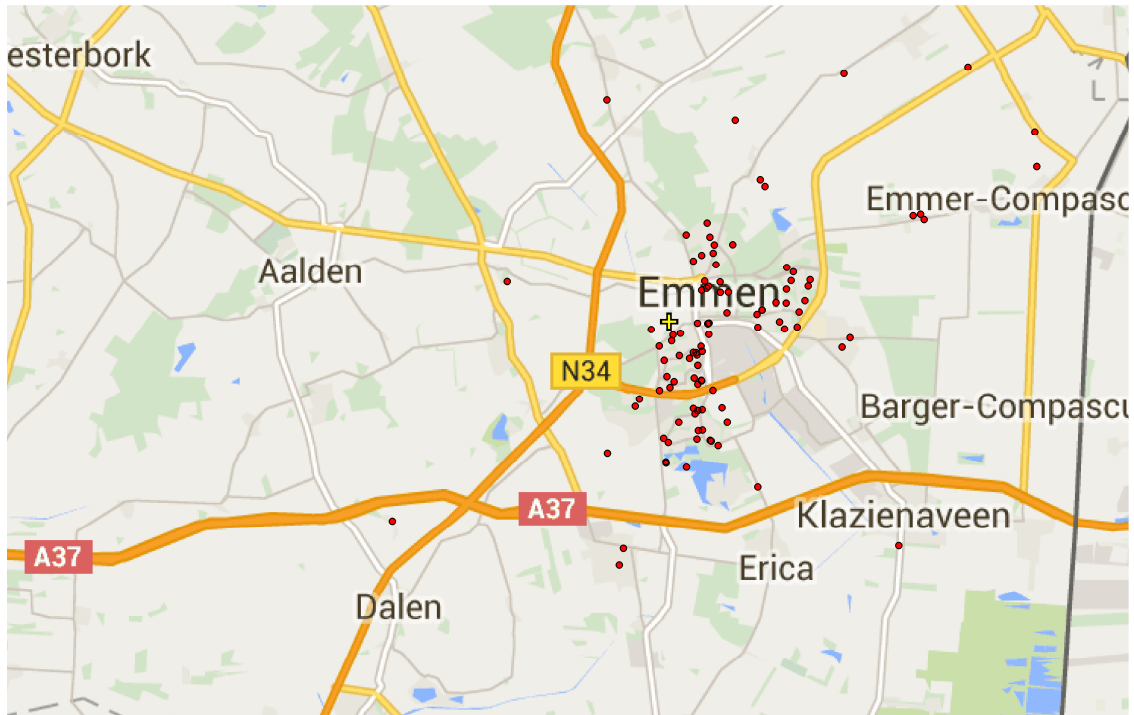
Afbeelding 1.1 De ligging van het Emmen gasveld. Het grijze kruisje geeft het epicentrum van de aardbeving van 30 september 2015 aan



## 1.2 Schademeldingen

De aardbeving van 30 september 2015 in de gemeente Emmen (totaal aantal inwoners circa 110.000) heeft geleid tot 118 schademeldingen bij NAM. 111 van deze meldingen zijn onderzocht, 7 schademeldingen zijn later ingetrokken door de bewoners. Elk van de meldingen bestaat uit een of meerdere schades. De locatie van de schademeldingen en het epicentrum zijn weergegeven in afbeelding 1.2.

Afbeelding 1.2 Locatie aardbeving (geel kruis) en schademeldingen (rode stip)



Een aantal kengetallen met betrekking tot de schademeldingen is weergegeven in afbeelding 1.3 tot en met afbeelding 1.5.

### Aantal woningen en schades

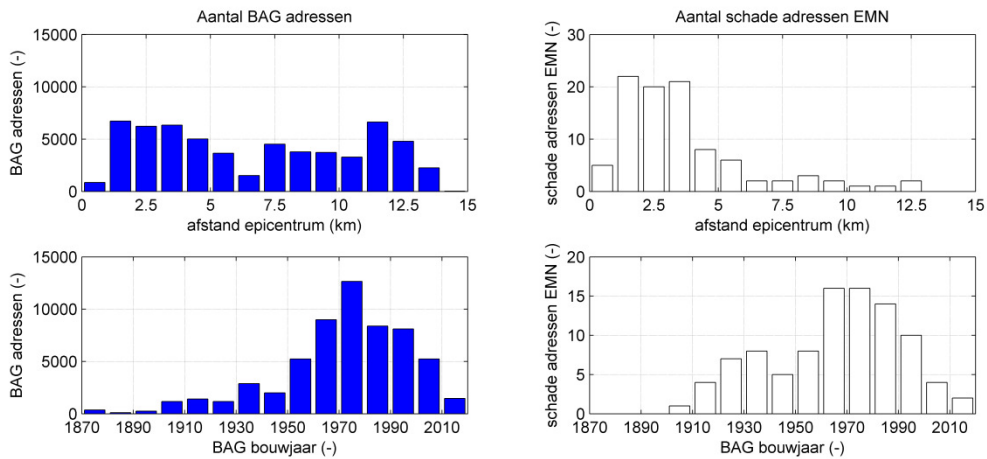
Links boven in afbeelding 1.3 is een overzicht gegeven van alle woningen gelegen in een periferie van 15 kilometer vanaf het epicentrum. Daarnaast een vergelijkbare afbeelding voor de adressen waarvan NAM een schademelding heeft ontvangen. In de tweede rij is het bouwjaar van de woningen uitgezet tegen het aantal in dat specifieke domein. De afkorting BAG in de onderstaande afbeelding staat voor Basisregistraties Adressen en Gebouwen.

Uit de histogrammen kan worden afgeleid dat:

- Op alle afstanden van het epicentrum zijn woningen aanwezig;
- De meeste woningen zijn rond de jaren 70 gebouwd;
- Van alle bouwjaren is schade gemeld;
- De eerste indruk is dat het aantal schademeldingen groter is dichterbij het epicentrum.



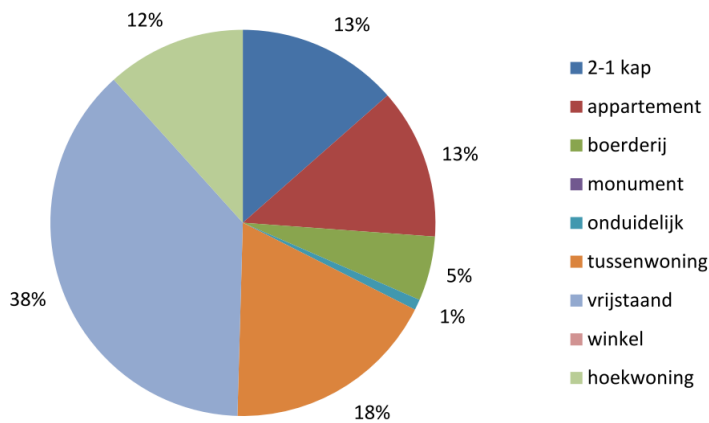
Afbeelding 1.3 Woning aantallen in Emmen, bouwjaar, adressen schademeldingen



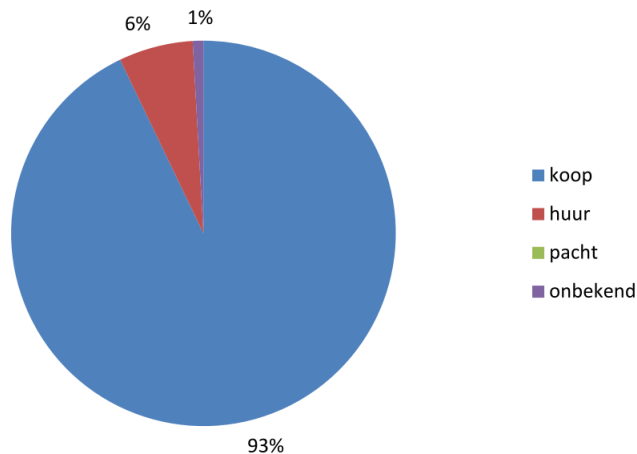
**Type woning, eigendom, bouwer van de woning**

In het onderzoeksgebied liggen verschillende type woningen waarvan veel in eigendom zijn van de bewoner, zie afbeelding 1.4 en 1.5. In de meeste gevallen kwam de schademelding van een vrijstaande woning, op een tweede plek een tussenwoning en de derde een 2-onder-1-kap woning. In onderstaande diagrammen is een aantal kenmerken van de woningen weergegeven waarvan schade is gemeld. De schademeldingen zijn alleen afkomstig van gebouwen waarin zich een woonfunctie en/of bedrijfsfunctie bevindt. Van het industrieterrein dat dicht bij het epicentrum ligt heeft NAM geen schademelding ontvangen. NAM heeft geen schademeldingen ontvangen van monumenten.

Afbeelding 1.4 Type woning



Afbeelding 1.5 Eigendom woning



### 1.3 Onderzoek

De ervaring met het Groningen gasveld leert, dat aardbevingen tot schade kunnen leiden aan gebouwen. De voornaamste reden is dat de gebouwen niet zijn ontworpen op de versnellingen die worden opgelegd door een aardbeving. Met name metsel- en pleisterwerk zijn slechts in beperkte mate in staat de trekkrachten op te nemen die hierdoor ontstaan. Er is dus een mogelijkheid dat de aardbeving van 30 september 2015 schade heeft veroorzaakt aan gebouwen in Emmen en omgeving.

NAM heeft aan Witteveen+Bos gevraagd om een onderzoek uit te voeren naar de schade die is gemeld. Het onderzoek moet antwoord geven op de hoofdvraag of er schade is veroorzaakt aan woningen in Emmen als gevolg van de aardbeving van 30 september 2015. Hiertoe is een onderzoeksprogramma opgezet waarin, op basis van inspecties van alle 111 woningen waaraan schade is gemeld, een bureaustudie, een data-analyse en een reikwijdte onderzoek is uitgevoerd.

Voor de inspecties is een website opgezet met een persoonlijke pagina voor iedere bewoner. De inspecties zijn uitgevoerd aan de hand van een vragenlijst op de website, waarbij een deel van de vragen ging over de woning en de schades en een deel over de aardbeving en de manier waarop de bewoners de aardbeving beleefd hebben. Er was ruimte voor de bewoners om hun persoonlijke verhaal te doen en waar nodig een toelichting te geven bij bepaalde schades. De inspectieresultaten zijn gepubliceerd op de persoonlijke pagina en de bewoners hebben de mogelijkheid gekregen om hierop te reageren. Een aantal bewoners heeft van deze mogelijkheid gebruik gemaakt.

De onderzoeksresultaten van een woning worden individueel gerapporteerd aan de bewoners. Dit rapport beschrijft zowel de aanpak van het onderzoek als de resultaten van alle uitgevoerde onderzoeken tezamen.

### 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt beschreven op welke wijze het onderzoek is uitgevoerd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de inspecties per woning en de analyse van alle beschikbare gegevens als geheel. De resultaten van het onderzoek worden beschreven in hoofdstuk 3 en de conclusie in hoofdstuk 4. Omwille van de leesbaarheid omvat het hoofdrapport uitsluitend de hoofdzaken. Verdiepingen en nadere toelichtingen zijn opgenomen in de bijlagen. Voor een overzicht van de bijlagen wordt verwezen naar de inhoudsopgave.

# 2

## ONDERZOEKSMETHODE

### 2.1 Algemeen

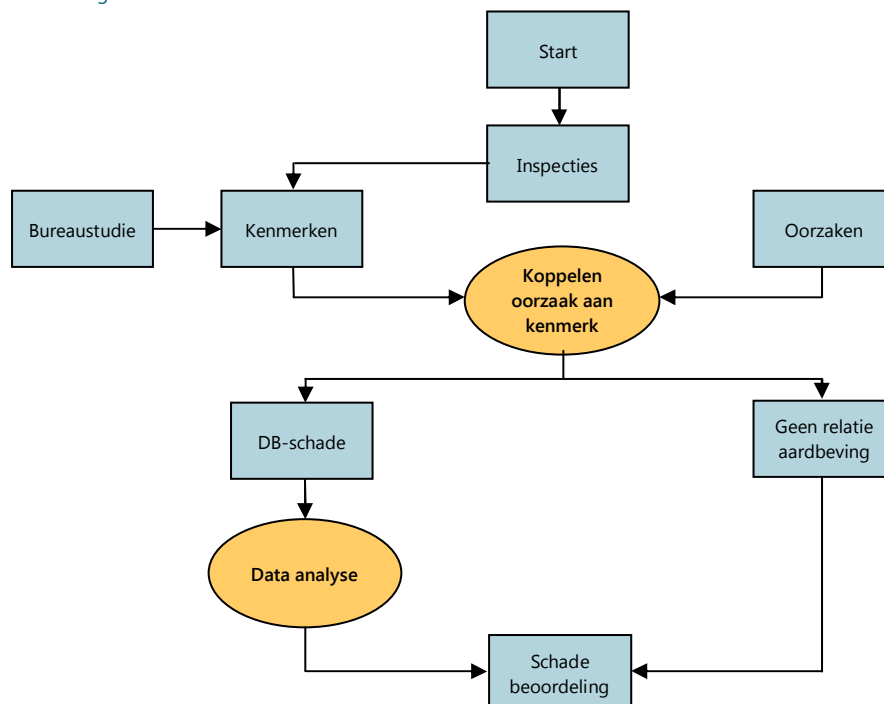
In het onderzoek zijn alle woningen onderzocht waarvan schade is gemeld. Alle schades aan de woning, ook de niet gemelde schades, zijn hierbij door inspecteurs visueel onderzocht. Alle verzamelde data zijn vastgelegd in een database.

De opgenomen schades zijn vervolgens door experts individueel beoordeeld, waarbij een oorzaak is toegekend, zie afbeelding 2.1. Daar, waar de oorzaak van de schade kon worden geduid is dit vastgelegd in de individuele rapporten. Bij een aantal schades werd mogelijk geacht dat deze zijn beïnvloed door de aardbeving. Dit zijn:

- 1 schade met kenmerken van een andere primaire oorzaak dan 'trilling door aardbeving', waarbij door de aardbeving van 30 september 2015 mogelijk, de al aanwezige spanning is toegenomen en zich heeft geopenbaard;
- 2 schade waarvan de bewoner meldde dat deze al bestond, maar is verergerd door de aardbeving van 30 september 2015;
- 3 schade waarvan de oorzaak niet direct aanwijsbaar was.

Deze schades zijn aangeduid als een DB-schade. Met behulp van data analyse is onderzocht of er relaties/patronen te herkennen zijn die kunnen duiden op aardbeving gerelateerde schade in deze categorie. De onderzoeksmethode is schematisch weergegeven in afbeelding 2.1. De afzonderlijke stappen worden nader beschreven in de volgende paragrafen.

Afbeelding 2.1 Stroomschema onderzoeksmethode



## 2.2 Bureaustudie

Als eerste stap in het onderzoek zijn van de betreffende woningen omgevings- en objectdata verzameld. Deze informatie is opgenomen in de database.

De omgevingsdata bevat informatie over de ondergrond, wegkenmerken in de omgeving, luchtfoto's en streetview foto's. Een voorbeeld van de wijze waarop informatie over de ondergrond is verzameld en opgeslagen is weergegeven in Afbeelding 2.2. De bovenste 10 meter van de ondergrond in Emmen is 3D gemodelleerd op basis van de in DINOloket te verkrijgen geotechnische data. Voor elke postcode in Emmen is zo een geotechnisch profiel afgeleid.

Afbeelding 2.2 Een voorbeeld van geotechnische data op een fictief adres

► Grondlagen				
	Bovenzijde laag NAP+	Onderzijde laag NAP+	Laag enkele laagdikte in m	Laag onderkant laag gemeten vanaf maaiveld
Veen	22	21,80	0,20	0,20
Zand	21,80	20	1,80	2
Leem	20	18,70	1,30	3,30
Zand2	18,70	12	6,70	10

De objectdata betreft de NAW-gegevens, BAG gegevens, oriëntatie van de woning ten opzichte van het epicentrum en het bouwjaar van de woning. De wijze waarop de afstand van een woning ten opzichte van het epicentrum is bepaald is weergegeven in afbeelding 2.3.

Afbeelding 2.3 Afstand object ten opzichte van het epicentrum en locatie van het object





## 2.3 Inspecties

In totaal zijn bij 111 adressen inspecties uitgevoerd tussen 17 december 2015 en 21 april van 2016. Het betreft visuele inspecties.

### Inspecteurs

De inspecteurs hebben minimaal een bouwkundige of constructieve HBO-opleiding en ervaring in het opnemen van schades. Bij aanvang van het project is er een proefopname geweest waarbij de wijze van opnemen onderling is geharmoniseerd om de eenduidigheid van de verkregen data te vergroten. De te inspecteren woningen zijn random verdeeld over de inspecteurs. Tijdens het project werkten de inspecteurs vanaf een basis in Emmen waar regelmatig evaluaties zijn gehouden om tussentijds de kwaliteit van het werk te borgen en zo nodig bij te sturen.

### Wijze van communicatie

Voor het onderzoek is een beveiligde website ingericht. De website bestaat uit een algemeen toegankelijk inlogschermbild en een portal voor de bewoners. Op het inlogschermbild is algemene informatie opgenomen over het project en via de portal kunnen bewoners inloggen op hun persoonlijke webpagina. Hierop is informatie te vinden over het verloop van het onderzoek en kan het resultaat van de inspectie worden ingezien. Op de webpagina is een contactenlog geplaatst en kan door bewoners via een link het resultaat van de inspectie in pdf format worden gedownload. Met bewoners die geen gebruik kunnen of willen maken van de website, is telefonisch en/of per post gecommuniceerd.

Er zijn 17 ingevulde enquêtes ontvangen. De reacties zijn overwegend positief, men was tevreden over de opname van de schade. Een aantal bewoners vond de inspectie langer duren dan gedacht en had niet verwacht dat de hele woning opgenomen zou worden. Daarnaast zijn enkele reacties met betrekking tot de communicatie over de voortgang van het project ontvangen. Naar aanleiding van die reacties is de berichtgeving op de website aangepast.

### Interview en visuele opname

De inspectie bestaat uit een interview met de bewoners, een opname van de woning en een inventarisatie en beschrijving van alle schades aan de woning. Ook de omgeving van de woning is in kaart gebracht en de vooraf verzamelde informatie van de woning en omgeving geverifieerd. Hierbij worden de inspecteurs ondersteund door een gestandaardiseerde digitale inspectievragenlijst (bijlage III) die speciaal voor het Emmen onderzoek is opgesteld. De lijst helpt de inspecteurs om op een neutrale en gestructureerde manier de informatie met betrekking tot schades te verzamelen en op te nemen. De woning is visueel geïnspecteerd en de inspecteur legt de situatie met een fototoestel vast. Voor moeilijk bereikbare locaties beschikt de inspecteur over een statief. Vanuit veiligheidsoverweging is geen gebruik gemaakt van een ladder. Alles wat te voet bereikbaar is wordt opgenomen. De inspecteurs beschikken over een laptop met vragenlijst, rolmaat, infrarood afstandsmeter, scheurwijdtemeter, waterpas en zaklamp.

Naast het verzamelen van objectieve data is een goede indruk verkregen van de beleving van de aardbeving door de bewoners van Emmen. Uit de interviews kwam naar voren dat veel bewoners de aardbeving hadden opgemerkt. Ook is er bij veel bewoners een sterk vermoeden dat er een verband is tussen bepaalde schades en de aardbeving. Deze vermoedens zijn door de inspecteurs uiterst serieus genomen en waar nodig is doorgevraagd.

Tijdens de inspectie is de hele woning opgenomen. Niet alleen de gemelde schades, maar alle gebouwschades zijn in kaart gebracht en beschreven om de volgende redenen:

- er wordt een beter beeld verkregen van de woning;
- mogelijke verbanden tussen schades worden eerder opgemerkt;
- elke woning wordt op een gelijke wijze geïnspecteerd;
- er wordt meer data verzameld voor de data analyse;
- er is een compleet schaderapport van de woning, dat eventueel in de toekomst bij een nieuwe aardbeving als nulsituatie kan dienen.

## Inspectierapport

Nadat de inspecteur de opname van een object heeft uitgevoerd verwerkt hij de resultaten op de persoonlijke webpagina. Op een handmatige schets van de plattegrond van de woning of op een tekening van de woning wordt van elke schade de positie aangegeven waar die is opgenomen. De bewoner kan het resultaat op de eigen webpagina nalezen en het inspectieverslag downloaden. Hier staat nog geen oordeel bij over mogelijke oorzaken van de schade. Bewoners hebben na vrijgave van het inspectierapport de mogelijkheid gekregen om commentaar te leveren op de opname. Indien daar aanleiding toe was, is het commentaar verwerkt in het rapport.

## 2.4 Schade beoordeling

Na het afronden van de inspecties heeft een team bestaande uit een aantal experts samen met de inspecteurs de schades beoordeeld. Deze beoordeling is gebaseerd op de inspecties, de vooraf verzamelde informatie van ondergrond en omgeving, het verhaal van de bewoner, foto's, kenmerken van de woning en kenmerken van de schade.

### Expertise beoordelaars

De beoordelaars hebben minimaal een bouwkundige of constructieve HBO-opleiding en ervaring met het beoordelen van schades. Om alle schade op een gelijke wijze te beoordelen heeft het team de eerste schades gezamenlijk beoordeeld. De beoordelaars hebben de schades beoordeeld zonder bekend te zijn met de afstand van de woning ten opzichte van het epicentrum.

### Schadekenmerken

Alle mogelijke schadeoorzaken zijn onderverdeeld in vijf typologieën (schadekenmerken):

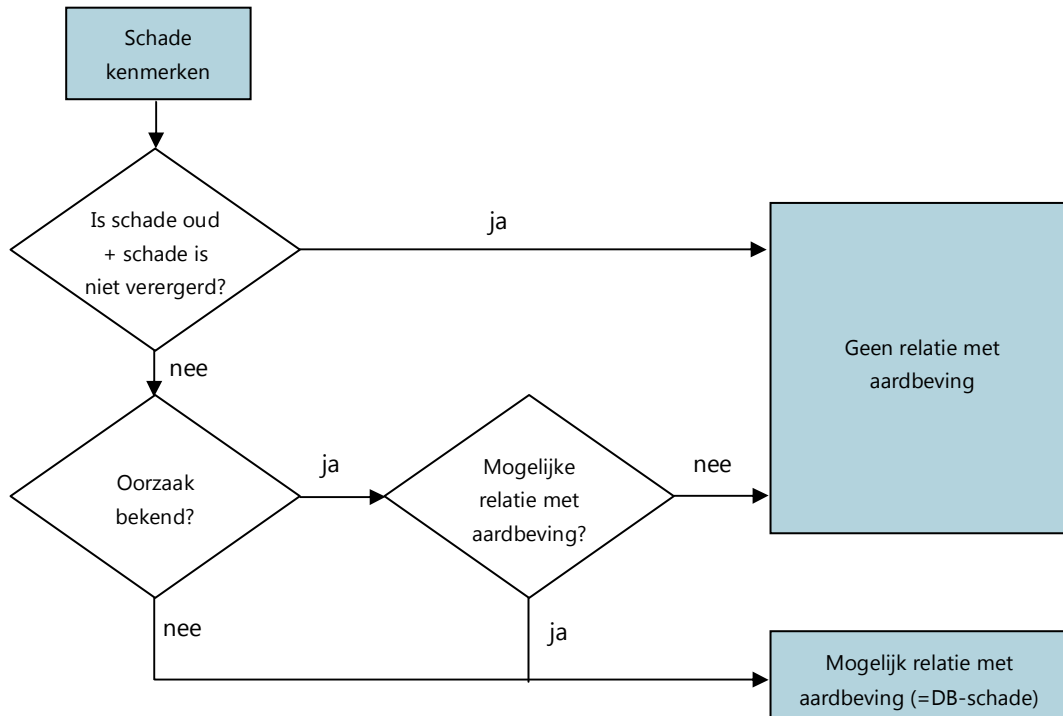
- verhinderde vervorming;
- overbelasting;
- zetting;
- onvoldoende sterkte constructie;
- overige.

Deze mogelijke oorzaken zijn initieel op elk gebouw van toepassing. Schadeoorzaak 'trilling door aardbeving' valt onder de typologie overbelasting. In bijlage IV zijn deze typologieën gedefinieerd. De oorzaak 'trilling door aardbeving' heeft in onze rapportage alleen betrekking op schade die duidelijk herkenbaar is als aardbevingschade, schade die alleen door een aardbeving veroorzaakt zou kunnen zijn.

## Werkwijze beoordeling

Op basis van de beschikbare kenmerken worden aan elke schade de meest waarschijnlijke oorzaak of oorzaken toegekend. Daar waar de oorzaak van de schade eenduidig kon worden toegekend heeft dit geleid tot een direct oordeel.

Afbeelding 2.4 Schroomschema toekennen schade kenmerken



In een aantal gevallen (zie paragraaf 2.1) werd mogelijk geacht dat de schade is beïnvloed door de aardbeving van 30 september 2015. Dit zijn onder andere schades met kenmerken van een andere primaire oorzaak dan 'trilling door aardbeving', waarbij door de aardbeving van 30 september 2015 mogelijk, de al aanwezige spanning is toegenomen en zich heeft geopenbaard.

Schade door een lichte aardbeving zal in de meeste gevallen een combinatie zijn van een primaire oorzaak, bijvoorbeeld het ontbreken van een dilatatie of zetting van de fundering waarbij spanningen, die al aanwezig zijn in de constructie, zich kunnen openbaren bij een aardbeving in de vorm van schade. De schade uit zich daarbij vaak in de vorm van de primaire schade (in dit voorbeeld verhinderde vervorming of zetting). De schade is daardoor niet eenduidig herkenbaar als aardbevingschade. Schades, waarbij dit mogelijk werd geacht zijn aangewezen als DB-schade.

## 2.5 Data analyse

De verzamelde data is geanalyseerd op patronen die duiden op aardbeving gerelateerde schade. Als de opgenomen schade van een gebouw toeneemt wanneer de afstand tot het epicentrum kleiner wordt kan er aardbevingschade in het onderzoeksgebied zijn opgetreden.

De analyse is uitgevoerd door een data-analist, een schade-expert, één van de inspecteurs en de projectleider van het werk. De data-analist heeft de verzamelde data zo bewerkt dat deze bevragebaar werd en verschillende parameters tegen elkaar uitgezet konden worden in grafieken en histogrammen.

Er is gekeken naar enkel- en meervoudige relaties tussen de schade (aantal of ernst) en mogelijke verklarende variabelen.

## 2.6 Reikwijdte onderzoek

Om de intensiteit van de aardbeving te bepalen waaraan de woningen zijn blootgesteld is een reikwijdte onderzoek uitgevoerd. De analyse beschreven in het onderzoek heeft als doel de theoretische piekgrondsnelheid waaraan de woningen zijn blootgesteld te berekenen. Aan de hand van SBR richtlijn A is vervolgens een inschatting gedaan van de kans op schade bij deze piekgrondsnelheid. Dit onderzoek is opgenomen in bijlage V.

## 2.7 Bewoners rapport

Voor de bewoners is een individueel, woninggebonden, rapport opgesteld. Dit rapport bestaat uit twee delen, een toelichting op het onderzoek en een deel met daarin de beoordeling van de schade en de uitslag van de data-analyse en het reikwijdte onderzoek specifiek voor de betreffende woning. De toelichting op het onderzoek bevat een samenvatting van voorliggend rapport, waarbij de voor de bewoners relevante informatie wordt uitgelicht. Wanneer bewoners het hoofd rapport willen inzien dan kunnen zij deze downloaden middels een link op de persoonlijke website.

In de bijlage van het rapport worden de inspectieresultaten opgenomen. Bijlage VI van dit rapport bevat hiervan een voorbeeld.



# 3

## RESULTAAT

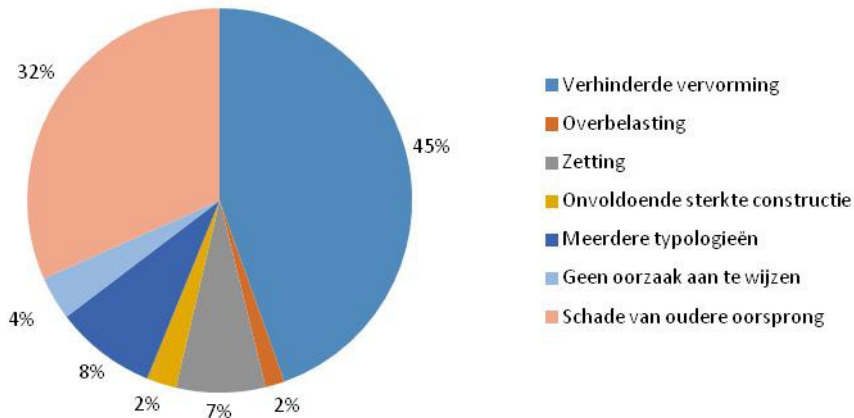
### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van zowel de data-analyse als het reikwijdte onderzoek.

#### Schade oorzaak

In totaal zijn 2281 schades opgenomen in 111 woningen. De oorzaak van de schade is samengevat in afbeelding 3.1. Uit de afbeelding blijkt dat op grond van de visuele inspecties voor 96 % van de schades een oorzaak is benoemd. Een groot deel van de schade is het gevolg van verhinderde vervorming of is een schade van een oudere oorsprong dan de aardbeving. Schadeoorzaak "trilling door aardbeving" valt onder de typologie overbelasting. Voor een omschrijving van de verschillende typologieën wordt verwezen naar bijlage IV.

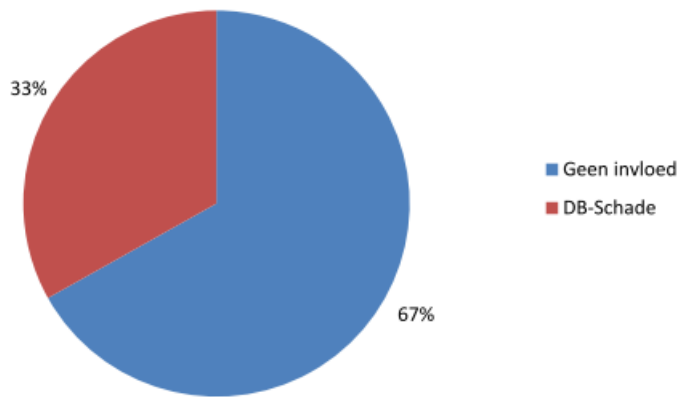
Afbeelding 3.1 Toegewezen typologieën aan de schades



In 4 % van de schades kon geen enkele typologie worden toegewezen op basis van de visuele inspectie, in afbeelding 3.1 is dit weergegeven als 'Geen oorzaak aan te wijzen'. Uit afbeelding 3.1 blijkt dat een deel van de schades is toegewezen aan overbelasting. De schadeoorzaak "trilling door aardbeving" is bij geen van de schades aangewezen als primaire oorzaak.

Naast dat een schade enkel door een aardbeving kan worden veroorzaakt is het ook mogelijk dat schade, met een andere primaire oorzaak is verergerd door de aardbeving of dat de opgebouwde spanning pas zichtbaar wordt bij een aardbeving. Zoals in paragraaf 2.4 staat beschreven zijn een aantal schades aangemerkt als DB-schade (mogelijk door de aardbeving verergerde of veroorzaakte schade). In Afbeelding 3.2 is het aantal DB-schades weergegeven.

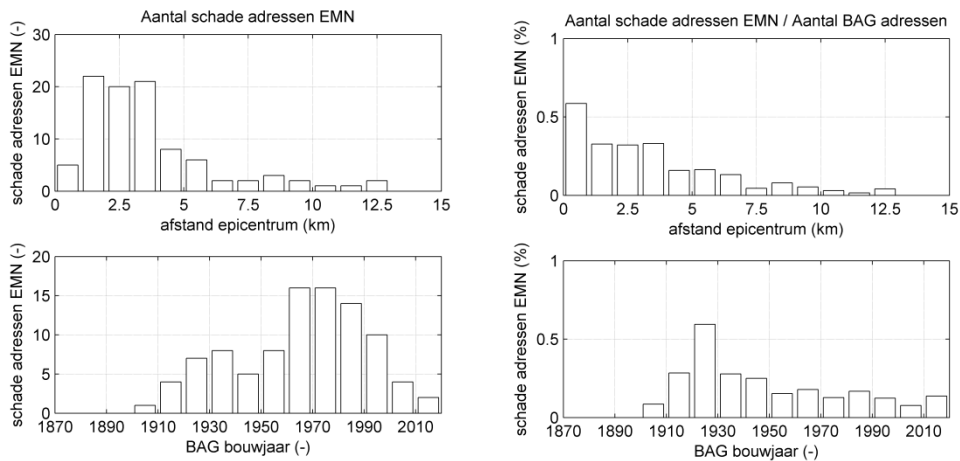
Afbeelding 3.2 Aandeel DB-schades ten opzichte van totaal aantal schades



### 3.2 Data analyse van schadebeeld

In hoofdstuk 1 is in afbeelding 1.3 het aantal schademeldingen uitgezet tegen zowel de afstand tot het epicentrum van de aardbeving als het bouwjaar van de woning. Deze vergelijking is in afbeelding 3.3 nogmaals gepresenteerd waarbij nu aan de rechterzijde het aantal schademeldingen relatief ten opzichte van het totaal aantal adressen is weergegeven.

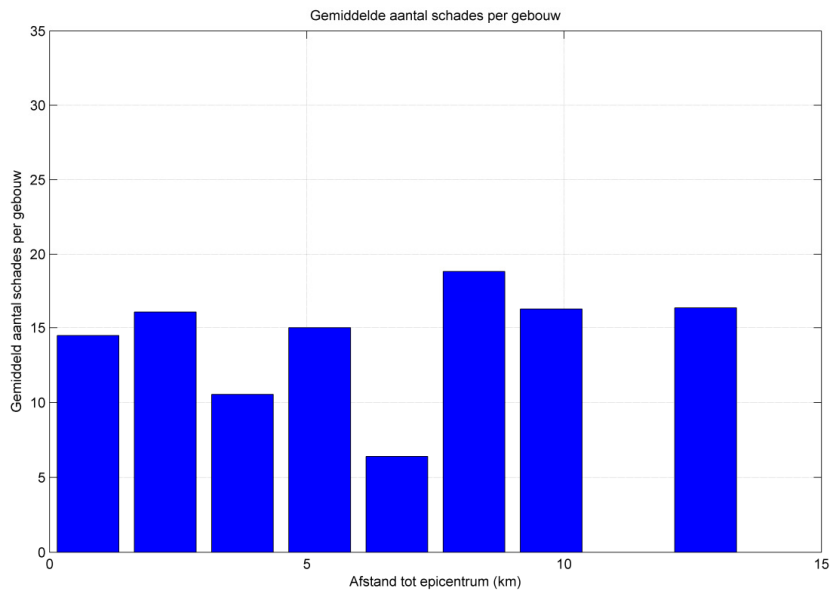
Afbeelding 3.3 Aantal schadeadressen in Emmen in absolute aantallen (links) en procentueel aantal schade adressen ten opzichte van het aantal BAG adressen (rechts).



Uit de afbeelding blijkt dat het relatieve aantal schademeldingen het grootst is dicht bij het epicentrum en afneemt met toenemende afstand van het epicentrum. Ook blijkt dat relatief veel schade is gemeld aan woningen die zijn gebouwd voor de tweede wereld oorlog. Het relatieve aantal schademeldingen aan woningen neemt af naarmate de woning later is gebouwd.

Om te beoordelen of het grote aantal schademeldingen nabij het epicentrum ook te maken heeft met aan de aardbeving gerelateerde schade is tevens gekeken naar de omvang van de schade. In afbeelding 3.4 is het gemiddelde aantal schades opgenomen per gebouw uitgezet tegen de afstand van het epicentrum.

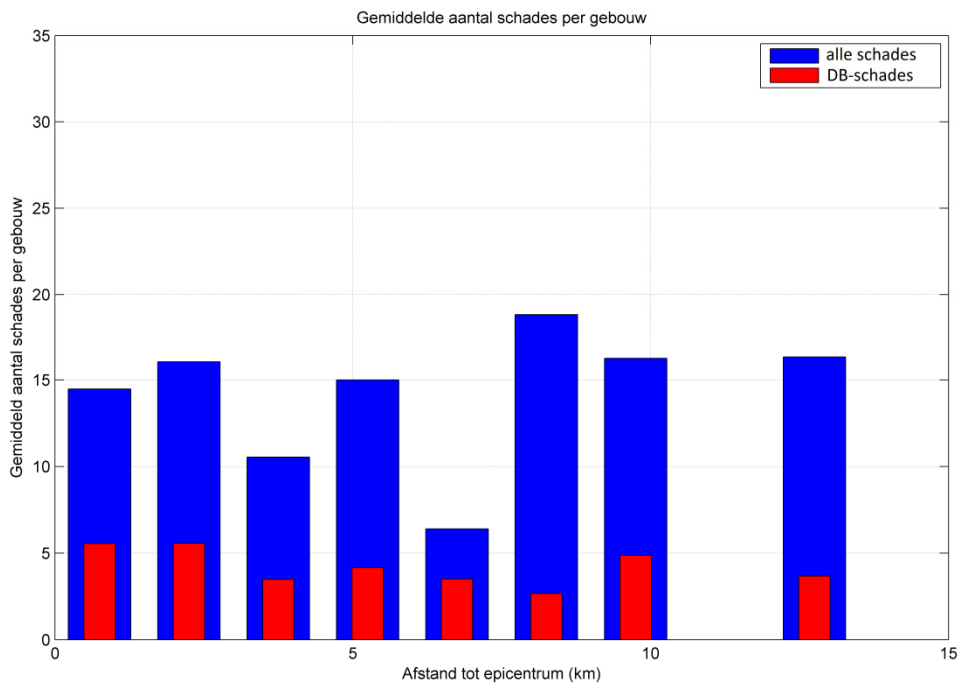
Afbeelding 3.4 Gemiddeld aantal schades per gebouw van de onderzochte adressen uitgezet tegen de afstand tot het epicentrum



De hoeveelheid data is op grotere afstand van epicentrum feitelijk te klein en wordt daarom ook als minder betrouwbaar gezien. Over de eerste kilometers is de hoeveelheid schade redelijk constant. Uit deze afbeelding blijkt geen duidelijke relatie tussen de hoeveelheid schade per gebouw en de afstand tot het epicentrum.

Hetzelfde is gedaan voor de schades die zijn aangemerkt als DB-schade. In afbeelding 3.5 is met rode kolommen aangegeven het gemiddelde aantal DB-schades. De blauwe kolommen geven het gemiddelde aantal totale schades per gebouw.

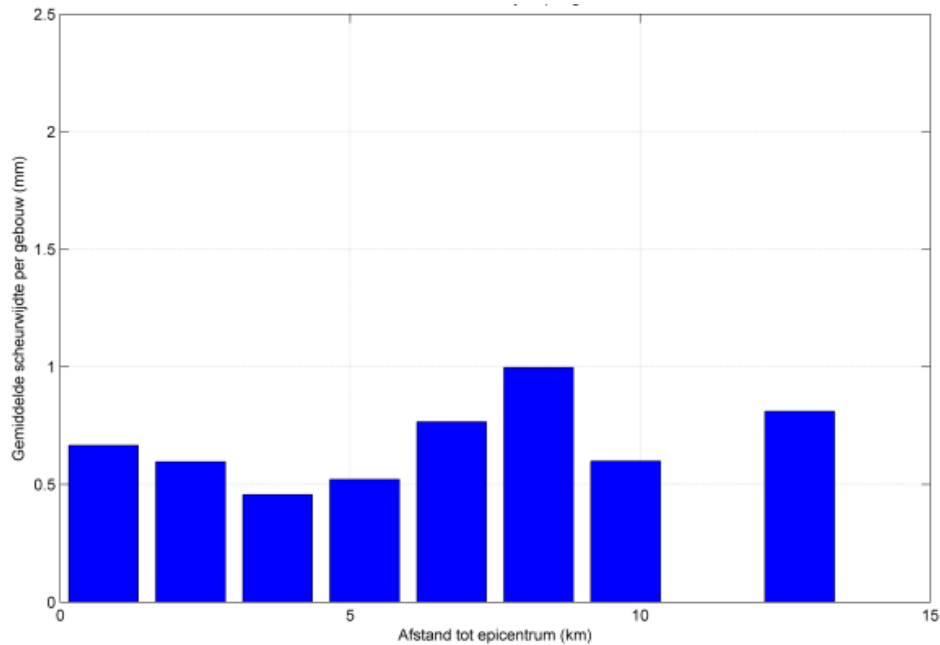
Afbeelding 3.5 Gemiddelde aantalschades per gebouw/afstand epicentrum voor DB-schade



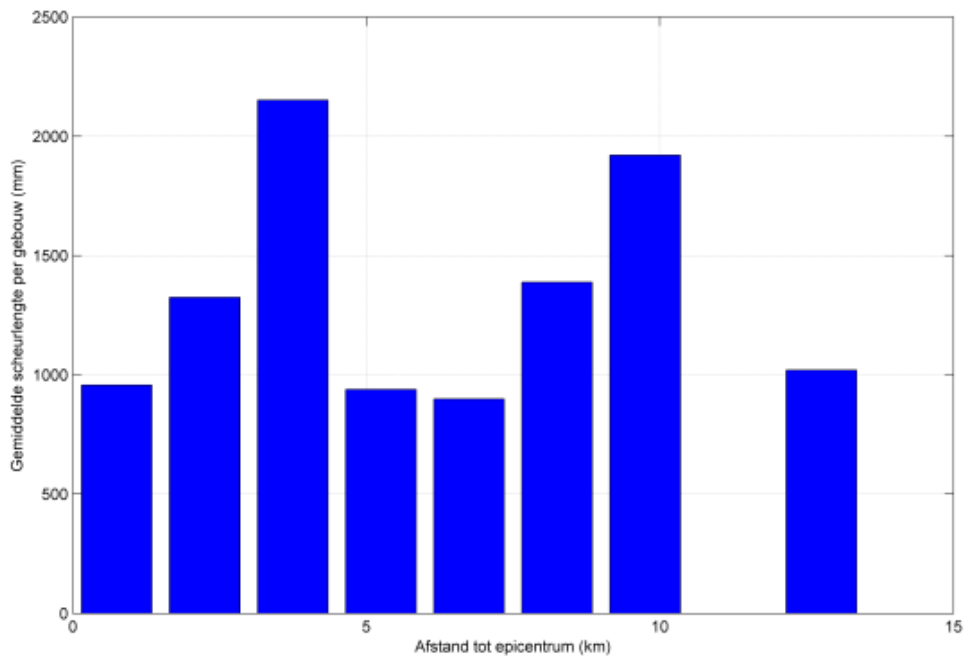
De DB-schades tonen hetzelfde beeld als bij afbeelding 3.4. Over de eerste kilometers is de hoeveelheid DB-schades redelijk constant. Er is geen duidelijke relatie met de afstand tot het epicentrum.

In de afbeelding 3.6 en afbeelding 3.7 is de gemiddelde scheurwijdte en scheurlengte van alle opgenomen schades uitgezet tegen de afstand dat deze schade zich bevindt van het epicentrum.

Afbeelding 3.6 Gemiddelde scheurwijdte/afstand epicentrum



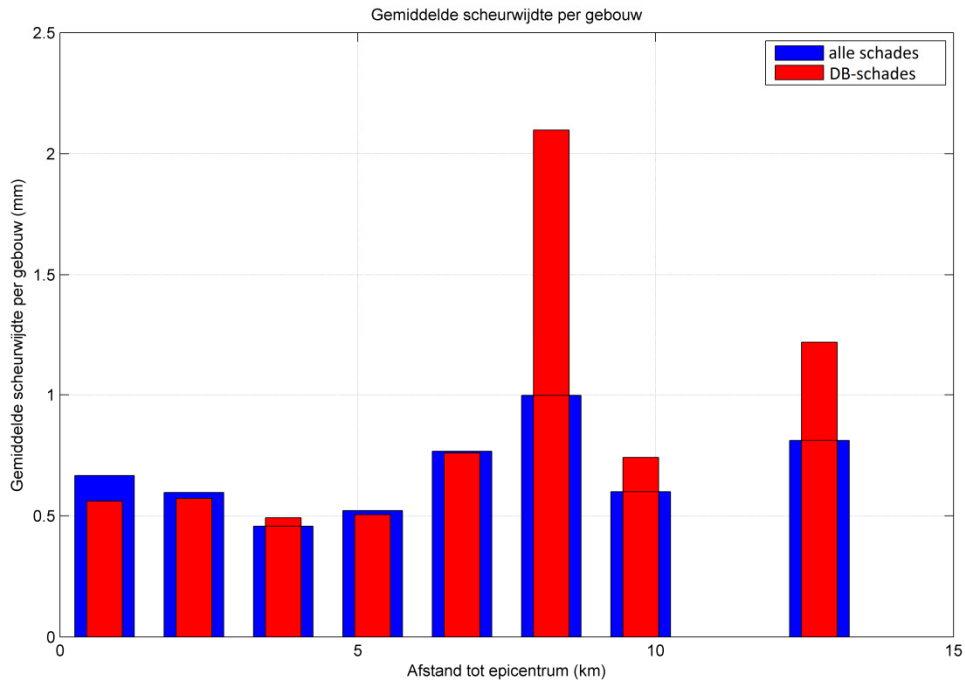
Afbeelding 3.7 Gemiddelde scheurlengte/afstand epicentrum



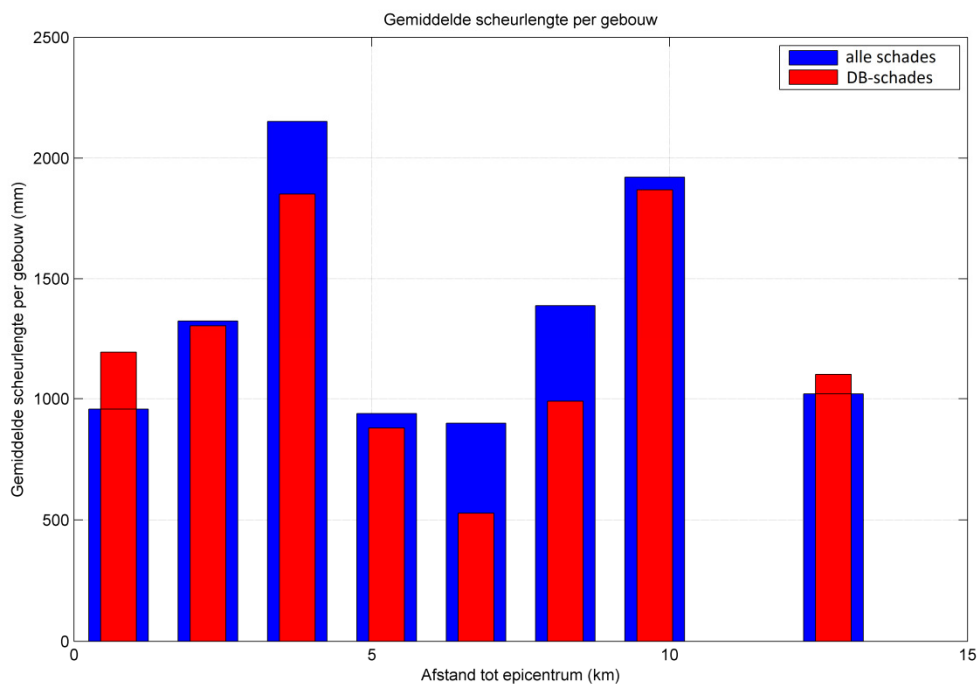
De gemiddelde scheurwijdte en scheurlengte van alle schades neemt niet toe richting het epicentrum. Er blijkt geen verband te zijn tussen scheurwijdte, scheurlengte en afstand tot het epicentrum.

In de afbeelding 3.8 en afbeelding 3.9 is de gemiddelde scheurwijdte en scheurlengte van alle opgenomen schades uitgezet tegen de afstand dat deze schade zich bevindt van het epicentrum. In dit geval betreft het de gemiddelde scheurwijdte en -lengte van de DB-schades. De rode kolommen geven de gemiddelde waarde weer van alleen de DB-schade, de blauwe kolommen de gemiddelde waarde van alle schades.

Afbeelding 3.8 Gemiddelde scheurwijdte/afstand epicentrum van DB-schades



Afbeelding 3.9 Gemiddelde scheurlengte/afstand epicentrum van de DB-schades



De histogrammen voor de DB-schades zijn vergelijkbaar met de histogrammen voor de totale schades, weergegeven in afbeelding 3.6 en afbeelding 3.7. Er blijkt geen verband uit tussen scheurwijdte en -lengte, DB-schade en afstand tot het epicentrum.

Op basis van de histogrammen in afbeelding 3.4 tot en met afbeelding 3.9 wordt geen verband gevonden tussen de hoeveelheid schade en de afstand tot het epicentrum. De categorie DB-schades is apart beschouwd, maar vertoont hetzelfde beeld als het beeld voor alle schades. Op basis van de feitelijke informatie van de in dit onderzoek onderzochte woningen kan daarom geconcludeerd worden dat er door de aardbeving geen schade is ontstaan.

In 4 % van de schades is geen oorzaak aangewezen. Op basis van de data-analyse kan geconcludeerd worden dat dit geen aardbevingsschades zijn. Het is onbekend wat de oorzaak van deze schades wel is. Dit kon op basis van de visuele inspecties niet worden achterhaald.

### 3.3 Reikwijdte onderzoek

Het reikwijdte onderzoek is uitgevoerd om vast te stellen wat de piekgrondsnelheid is geweest die de aardbeving op maaiveld niveau heeft veroorzaakt. Op basis van deze berekening is een relatie vastgesteld tussen de piekgrondsnelheid (PGV) en de afstand tot het epicentrum van de beving. De relatie is weergegeven in afbeelding 3.10. In de afbeelding zijn drie lijnen opgenomen voor de piekgrondsnelheid, een gemiddelde waarde en een onder- en bovengrens. De bovengrens en ondergrens zijn daarbij beiden gebaseerd op een 95% betrouwbaarheidsinterval. De afbeelding laat zien dat de grondsnelheden afnemen met toenemende afstand van een woning tot het epicentrum, conform verwachting. De berekening is opgenomen in bijlage I.

Deze curven zijn vervolgens getoetst aan de door SBR vastgestelde grenswaarde [SBR richtlijn a]. Door SBR zijn grenswaarden gedefinieerd voor trillingen aan verschillende categorieën gebouwen waarbij de kans op schade aan het gebouw kleiner dan 1 % is:

#### **Categorie 1: utilitaire werken zoals kantoor- en flatgebouwen**

- in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.

#### **Categorie 2: gemetselde woningen, schuren of garages**

- in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk;
- in goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies die bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

#### **Categorie 3: monumentale gebouwen en gebouwen in slechte staat**

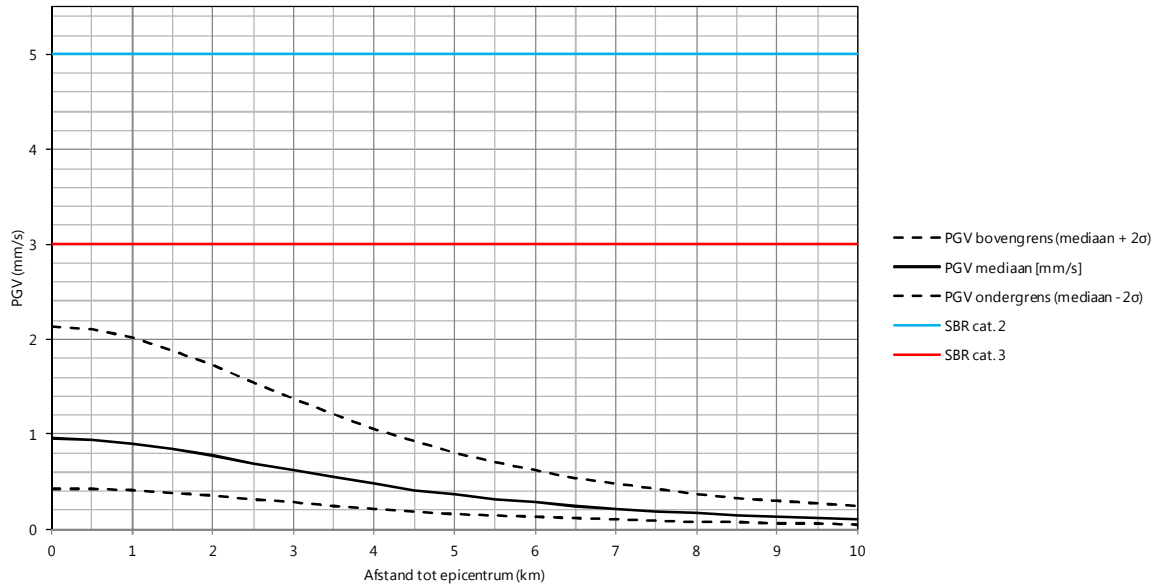
- onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde;
- in slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen van gebouwen.

In afbeelding 3.10 zijn de berekende piekgrondsnelheden vergeleken met de grenswaarden voor gebouwen uit categorie 2 (5 mm/s) en categorie 3 (3 mm/s). De grenswaarde voor categorie 1 gebouwen bedraagt 20 mm/s en is omwille van de schaal niet opgenomen in de afbeelding. De grenswaarde geeft per categorie de snelheid aan waarbij de kans op schade aan het gebouw groter of (verwaarloosbaar) kleiner dan 1 % is. Bijna alle gebouwen waarvan NAM een schademelding heeft ontvangen behoren toe aan SBR categorie 2. Tijdens



de inspecties zijn 2 schuren aangetroffen op 8km en 12km afstand van het epicentrum die in categorie 3 vallen. In Emmen staan ook monumentale gebouwen die in categorie 3 vallen, echter van geen van de monumentale gebouwen is een schademelding ontvangen.

Afbeelding 3.10 Relatie tussen piekgrondsnelheid en afstand tot het epicentrum



Uit de afbeelding blijkt dat voor de mediaanwaarde van de piekgrondsnelheden (PGV) de SBR grenswaarde voor geen van de categorieën wordt overschreden. Ook voor de bovengrenswaarde van de PGV (het 95 % betrouwbaarheidsinterval) geldt dat nergens de grenswaarde wordt overschreden, ook niet dicht bij het epicentrum en zelfs niet als de metselwerkgebouwen of gebouwdelen in een slechte staat verkeren (categorie 3). Hieruit kan worden geconcludeerd dat de kans op schade door de aardbeving van 30 september 2015 nihil is.

Op grond van deze analyse is de verwachting dat er geen schade is ontstaan aan gebouwen in Emmen als gevolg van de aardbeving van 30 september 2015.

# 4

## CONCLUSIE EN VERVOLG

### 4.1 Conclusie

In deze studie is de vraag onderzocht of er schade is veroorzaakt aan woningen in Emmen als gevolg van de aardbeving van 30 september 2015.

Uit de data-analyse blijkt dat er een relatie is tussen het aantal schademeldingen en de afstand tot het epicentrum. De relatie geeft aan dat het aantal schademeldingen groter is dichtbij het epicentrum. Dit kan duiden op het bestaan van aardbevingsgerelateerde schade. Ook in gesprekken tussen inspecteurs en bewoners kwam naar voren dat veel bewoners de beleving hebben dat er schade is ontstaan door de aardbeving. Echter, in dit onderzoek is er geen verband vastgesteld tussen omvang van de feitelijke schade en de afstand tot het epicentrum. De schadeomvang is gelijk in omvang ongeacht de afstand tot het epicentrum. Dit geldt zowel voor het aantal schades, scheurlengte en scheurwijdte. Bovendien is dit patroon niet afwijkend voor de schades die zijn aangemerkt als mogelijk veroorzaakt of verergerd door de aardbeving ten opzichte van het beeld dat wordt verkregen uit alle schades. Deze schades hebben derhalve geen afwijkende oorzaak.

Uit het reikwijdte onderzoek blijkt dat de piekgrondsnelheden (PGV) de SBR grenswaarde voor geen van de categorieën overschrijden. De PGV waarde blijft ver onder de grenswaarde waarbij de kans op schade aan een gebouw verwaarloosbaar klein is. Het onderzoek bevestigt de resultaten van de data analyse.

Op basis van het onderzoek dat is uitgevoerd aan de woningen waaraan schade is gemeld kan daarom geconcludeerd worden dat deze beving geen schade heeft veroorzaakt.

### 4.2 Vervolg

Voor elke schademelding wordt een individueel onderzoeksrapport opgesteld dat na publicatie van het hoofd rapport aan de bewoners wordt verstrekt. Mochten de bewoners vragen hebben, dan kunnen ze via de website of de servicelijn van Witteveen+Bos een gesprek aanvragen met de inspecteur van de betreffende woning. Deze zal een toelichting geven op de rapportage en vragen van de bewoners beantwoorden.

# Bijlagen



I

**BIJLAGE: DEFINITIELIJST**

Tabel I.1

BAG	Basisregistraties Adressen en Gebouwen
DB schade	Schade die mogelijk veroorzaakt of verergerd is door de aardbeving van 30 september 2015. De Database analyse geeft hier uitsluitel over.
DINOloket	Database met ondergrondgegevens van heel Nederland
Epicentrum	Plaats aan het aardoppervlak recht boven de aardbevingshaard
Geïnduceerde aardbeving	Een aardbeving met een niet-natuurlijke oorzaak, zoals gaswinning
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
NAW	Naam Adres Woonplaats
PGV	Piek Grond Snelheid (Peak Ground Velocity)
SBR	Stichting Bouwresearch

---

# II

## BIJLAGE: LITERATUURLIJST



- 1 KNMI (2015). Dataset aardbevingscatalogus. Website:  
[http://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/seismologie/all\\_induced.pdf](http://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/seismologie/all_induced.pdf) (laatst geraadpleegd: 07.12.2015).
- 2 Dost, B., Caccavale, M., Eck, T. van, en Kraaijpoel, D. (2013). Report on the expected PGV and PGA values for induced earthquakes in the Groningen Area. KNMI, December 2013. KNMI Report.
- 3 Dost, B. and Spetzler, J. (2015). Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen; Update 2015. KNMI, October 2015. KNMI Report.
- 4 Bommer, J. J., B. Dost, B. Edwards, P.J. Stafford, J. van Elk, D. Doornhof and M. Ntinalexis (2016). Developing an Application-Specific Ground-Motion Model for Induced Seismicity, Bull. Seismol. Soc. Am., 106(1), in press.
- 5 NPR 9998:2015 (2015). Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen.
- 6 Waarts, P.H. (TNO Bouw) en Ostendorf, C.J. (Cauberg-Huygen) (2006). Schade aan gebouwen, Deel A uit de Meet- en beoordelingsrichtlijn: Trillingen. CUR-SBR.
- 7 NEN-EN 1998-1:2005 en (2005). Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen.
- 8 Dinoloket (2015). Data en informatie van de Nederlandse ondergrond. Website:  
<https://www.dinoloket.nl/> (laatst geraadpleegd: 07.12.2015).
- 9 Nederlandse Aardolie Maatschappij, Handboek aardbevingssschade, Bevingsschade in het Groningen-gasveld, februari 2015
- 10 BAG gegevens

# III

## BIJLAGE: INSPECTIEVRAGENLIJST

# 1

## ALGEMEEN

### Algemene informatie

Datum schademelding	
Type woning	2-1 kap appartement boerderij monument onduidelijk tussenwoning vrijstaand winkel hoekwoning

### Algemeen adres

naam gesprekspartner	
naam eigenaar van het gebouw	
Bent u de bewoner, familie, bekende, weet niet	bewoner familie bekende onbekend
is het pand gekocht, gehuurd of gepacht	koop huur pacht onbekend
hoe lang (jaar) bewoont u dit pand	
zijn er de afgelopen jaren bouwactiviteiten nabij de woning uitgevoerd	ja nee onbekend
zo ja, welke afstand van woonhuis (meter)	
zo ja, wat voor een activiteit	nieuwbouw verbouw kelder weg pad spoor vijver leidingen gat gegraven onbekend
opmerkingen bewoners	
hoe staat de mest dragen muur georiënteerd t.o.v. het noorden (in graden 0-180)	

### Aardbeving

heeft de bewoner de aardbeving van september gemerkt	ja nee niet thuis
hoe heeft u de beving opgemerkt (meerder antwoorden mogelijk)	gehoord gevoeld gezien
hoe heeft u de beving ervaren (meer antwoorden mogelijk)	trilling klap omvallende voorwerpen
zo ja, wat heeft u gemerkt op de een schaal van 5	- 1 dichtslaan van een kastdeur - 2 dichtslaan kamerdeur - 3 dicht slaande deur door harde wind - 4 vuurwerk explosie - 5 zware explosie

- heeft u vaker een aardbeving gevoeld  
 voelt u naast de aardbeving vaker trillingen in huis

Zo ja, wat zou dat kunnen zijn	luchtvaart verkeer bouwactiviteiten industrie vuurwerk onbekend
--------------------------------	--

# 2

## WONING

### 2.1 Bijzonderheden woning

Type gebouw	appartement vrijstaande woning twee onder één kap hoekwoning tussenwoning woonboerderij boerderij schuur garage werkplaats tuinthuisje onbekend
kunt u een schatting geven van het bouwjaar	
heeft u het pand zelf gebouwd of een aannemer	aannemer zelf deels zelf onbekend
hoe denkt u dat het pand gefundeerd is	staat palen beton palen hout staal en palen onbekend
heeft het gebouw een toegankelijke kruipruimte	ja nee deels onbekend
zo ja, plaats van de kelder	onder één van de buitengevels niet onder één van de buitengevels
geschat oppervlak van de kelder in m <sup>2</sup>	
schatting hoogte kelder in meters	

	aanwezig	later gebouwd	bouwjaar	gebouwd door
erker				
balkon				
aanbouw 1				
aanbouw 2				
metselwerk schoorsteen				
doorbraak				
extra verdieping				
kozijnen vervangen				
anders				

## 2.2 Typering woning

is de begane grondvloer vrijdragend	ja nee deels onbekend
welke latei principe is toegepast	rollaag staat beton hout niet opneembaar
zijn er corroderende onderdelen in buitengevel zichtbaar	ja nee onbekend
mogelijke vorstschade buitengever	ja nee onbekend
zijn er dilataties in buitenschouwblad opgenomen	ja nee onbekend
dakbeschot	geen spaanplaat houten planken stro geïsoleerde dakplaat niet opneembaar onbekend

## 2.3 Typering gebouw materialisering

funderingsconstructie	metselwerk beton onbekend
funderingsconstructie (wijze)	stalen palen hout niet opneembaar
opbouw constructie	houtskeletbouw betonbouw staatconstructie gemetseld

	niet opneembaar
begane grondvloer	beton hout steen beton/hout beton/steen steen/hout broodjes vloer staal kanaalplaatvloer breedplaatvloer nehobo ribcasette vloer onbekend
eerste verdiepingvloer	hout beton/hout metselwerk steelbeton beton beton/steen staal kanaalplaatvloer breedplaatvloer nehobo onbekend
tweede verdiepingvloer	hout beton/hout metselwerk steelbeton beton beton/steen staal kanaalplaatvloer breedplaatvloer nehobo onbekend

## 2.4 Typering gebouw overig

voorzieningen voor opnemen spatkracht	ja nee onbekend
---------------------------------------	-----------------------

	afwerking	bouwwijze
woning, scheidende wand/bouwmuur	behang papier behang glasweefsel lambrisering tegels steen strips stuuc hout staalplaat verf spuitwerk	hout beton staal steen lichte materialen niet opneembaar



	onbekend	
gevels, algemeen		spouwmuur massief onbekend
buitenzijde gevel	stuuc hout staalplaat steenstrips verf onbekend	hout beton staal kalkzandsteen baksteen onbekend
binnenzijde gevel	behang papier behang glasweefsel lambrisering tegels steen strips stuuc hout staalplaat verf spuitwerk onbekend	hout beton metalstud steen lichte materialen niet opneembaar
scheidingswanden	behang papier behang glasweefsel lambrisering tegels steen strips stuuc hout staalplaat verf spuitwerk onbekend	beton metalstud steenachtig materiaal lichte materialen niet opneembaar
dak	gebakken dakpan betonnen dakpan staalplaten golfplaten dakleer dakleer met grind onbekend	zadeldak zadeldak met wolfseinden lessenaarsdak schilddak plat onbekend
dakconstructie	hout staat beton niet opneembaar	gordingen spanten sporen scharnierkap niet opneembaar

## 2.5 Typering omgeving van het gebouw

Loopt er een weg binnen 3 meter langs het gebouw?

zo ja, welk type weg	provinciale weg lokale weg wijkontsluiting woonerf/woonwijk onbekend
zo ja, welk type wegdek	asfalt bestrating zandweg onbekend

Staan er bomen rond of nabij het gebouw?

zo ja, afstand dichtbij staande boom (meter)	
hemelwaterafvoer via	afwatering op verharding afwatering op onverhard maaiveld afwatering op grindkoffer afwatering op riool onbekend
zijn er lekkages bij de hemelwaterafvoer/goot zichtbaar	ja nee onbekend

# 3

## SCHADE

### 3.1 Algemeen

Was de schade voor de aardbeving ook al aanwezig	ja nee onbekend
zo ja, hoeveel is de schade verergerd op een schaal van 1 t/m 5?	1 2 3 4 5 onbekend

- Identieke schade ook zichtbaar bij zelfde type gebouw in de omgeving
- Bewoner geeft aan dat er na de aardbeving gruis lag

### 3.2 Positie schade

- Is deze schade door de bewoner gemeld?

positie schade	vloer binnenwand binnenzijde gevel buitenzijde gevel plafond fundering schoorsteen aansluiting wand-wand aansluiting wand-vloer aansluiting wand-plafond aansluiting oorspronkelijk-aangebouwd anders
type vloer, wand, gevel (meerdere mogelijk)	hout beton staal steen licht materialen
type afwerking (meerdere mogelijk)	behang papier behang glasweefsel

	lambrisering tegels steen strips stuuc hout staalplaat verf spuitwerk onbekend
--	--

Zit de schade ter plaats van een sparing?

wat is de positie ten opzichte van de sparing	links boven boven rechts boven links rechts linksonder onder rechtsonder anders
bij schade binnen: op welke verdieping zit de schade?	kelder bg 1 <sup>e</sup> 2 <sup>e</sup> 3 <sup>e</sup> 4 <sup>e</sup> of meer
bij schade buiten: inschatting hoogte vanaf maaivel in meter (onderste punt van de schade)	
type schade (meerdere opties mogelijk)	scheur afgespat stuk steen/beton vervorming/scheefstand lekkage anders

Zijn eerder uitgevoerde reparaties zichtbaar?

is één van de volgende kenmerken zichtbaar	houtrot afbladderende verf corroderende onderdelen hol klinkende of loszittende tegels vocht schimmel geen
--	--

### 3.3 Type afgespat stuk (indien van toepassing)

inschatting dikte afgespat stuk (in mm)	
welk deel is afgespat?	alleen afwerking deel van de constructie (inclusief afwerking) voeg onbekend

	<b>breedte (in mm)</b>	<b>hoogte (in mm)</b>
inschatting afmetingen		

### 3.4 Type vervorming/scheefstand (indien van toepassing)

Veroorzaak de vervorming één of meerder van de volgende problemen?	gebroken ruit klemmende ramen/deuren los spatten van tegelwerk of voegen
--	--

	<b>Z-as (in mm)</b>	<b>X-as (in mm)</b>
inschatting grootte vervorming in elke richting		

### 3.5 Type scheur (indien van toepassing)

hoe verloopt de scheur	verticaal horizontaal diagonaal crackele vertakt anders
is de scheur getrapt	getrapt niet getrapt om een hoek onbekend
maximale scheurwijdte (in mm)	<0.1 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 1.1 etc. t/m 5 5>

- Maximale scheurwijdte is schatting

hoe verloopt de scheurwijdte	redelijk constant scheur neemt toe naar 1 richting variabel
inschatting maximale lengte scheur	
hoe ver loopt de scheur door	alleen in de afwerking in de constructie (en in de afwerking) door en door niet opneembaar
diepte scheur (in mm)	

- Vervuiling of begroeiing in scheur?  
 Erosie scheurranden  
 Aanwezigheid van verf in de scheur?  
 Watervoerend?  
 Zit de scheur tpv de aansluiting van 2 verschillende materialen?

### 3.6 Typologie en oorzaak/oorzaken

heeft de schade zichtbare ouderdomskenmerken?	nee er zijn eerder uitgevoerde reparatie zichtbaar vervuiling of begroeiing in scheur erosie scheurranden aanwezigheid van verf in de scheur volgens de bewoners een oude schade brosvoegwerk in combinatie met vervuiling geen helder kleurverschil breukvlak steen corroderende onderdelen
---	--

is volgens de bewoner de schade verergerd door de aardbeving	ja nee onbekend
--	-----------------------

(verhinderde) vervorming	vochtinvloeden temperatuur invloeden uitdrogingskrimp ontbreken van een goede dilatatie corrosie van metalen onderdeel wortelgroei door bomen uitzettingscoëfficiënten van materialen verschillend vorstschade onderdelen niet constructief met elkaar verbonden stijfheidsverschillen constructie-onderdelen doorbuiging opbolling
overbelasting	hitte stootbelasting slijtage door gebruik overmatige sneeuwbelasting overmatige waterbelasting overmatige windbelasting overmatige belasting door objecten tegen wand overmatige belasting door objecten verbonden aan

	de wand trilling door aardbeving trilling door creëren sparing trilling door nabij gelegen verkeersdrempel trilling door wegverkeer trilling door spoorverkeer trilling door luchtverkeer trilling door bouwactiviteiten in omgeving trilling door verbouw van de woning trilling door industriële activiteiten
zetting	autonoom t.g.v. gewichtsverschillen autonoom t.g.v. verschillen in ondergrond autonoom t.g.v. uitbreiding woning verbouwactiviteiten nabij de woning wijziging van grondwaterstand inklinken van veen onttrekking grondwater door boomgroei verdichting ondergrond door trilling belastingen naast gebouw gas graven naast gebouw wegspoelen ondergrond autonoom t.g.v. verschillende wijze van funderen
onvoldoende sterkte constructie	geen voorzieningen voor opnemen spatkrachten onderdeel te licht voor toepassing veroudering van constructie onderdeel ontbreken van latei spanningsconcentratie bij oplegging
overige	geen oorzaak aan te wijzen schade van oudere oorsprong
aanvullende informatie (voor bewoners dossier)	
aanvullende informatie (voor W+B)	

- Mogelijke invloed op schade door de aardbeving
- Schade heeft geen relatie met een aardbeving

# IV

## BIJLAGE: SCHADE TYPOLOGIEËN



Deze bijlage beschrijft de verschillende typologieën die bij het beoordelen van de schade worden gebruikt.

- verhinderde vervorming;
- overbelasting;
- zetting;
- onvoldoende sterkte constructie;
- overige.

Deze mogelijke oorzaken zijn initieel op elk gebouw van toepassing. Schadeoorzaak "trilling door aardbeving" valt onder de typologie overbelasting.

### Verhinderde vervorming

Door krimpen of uitzetten van materialen onder invloed van temperatuur, vocht of andere klimatologische oorzaken kunnen spanningen ontstaan in een constructie. Deze spanningen ontstaan vooral wanneer constructieonderdelen zijn verhinderd om te vervormen, vandaar de term 'verhinderde vervorming'. Als de spanningen te groot worden gaat het materiaal kapot en ontstaan scheuren. Behalve klimatologische oorzaken zijn er nog diverse andere oorzaken aan te wijzen voor een verhinderde vervorming. Zo veroorzaakt bijvoorbeeld de doorbuiging van een vloer een 'verhinderde vervorming' in een stijve wand die op deze vloer staat, omdat de wand niet in staat is de vervorming van de vloer te volgen. Een ander voorbeeld is een stuclaag op de onderzijde van verschillende vloerplaten, die niet constructief met elkaar zijn verbonden. Wanneer een van de vloerplaten doorbuigt en de andere niet zal schade ontstaan in de stuclaag, omdat die verhinderd wordt door de ene plaat om mee te vervormen met de andere plaat.

Mogelijke oorzaken van verhinderde vervorming zijn:

- vochtinvloeden;
- temperatuurinvloeden;
- uitdrogingskrimp;
- ontbreken van een goede dilatatie;
- corrosie van metalen onderdeel;
- wortelgroei door bomen;
- uitzettingscoëfficiënten van materialen verschillen;
- vorstschade;
- onderdelen niet constructief met elkaar verbonden;
- stijfheidsverschillen constructieonderdelen;
- doorbuiging;
- opbolling.

Oorzaken van verhinderde vervorming overlappen elkaar vaak. Wordt slechts 1 oorzaak aangewezen, dan sluit dit niet uit dat de andere oorzaken van verhinderde vervorming ook een rol spelen. Is als oorzaak het verschillen van uitzettingscoëfficiënten van materialen aangewezen, dan zal ook altijd vocht, temperatuur of uitdrogingskrimp meespelen. Bij de beoordeling is zoveel mogelijk geprobeerd de hoofdoorzaak te duiden en zijn daarom niet altijd alle oorzaken aangegeven.

### Overbelasting

Bij sommige schades zal sprake zijn van een vermoeden van overbelasting. Overbelasting ontstaat door een meestal tijdelijke belasting, waarvoor een constructieonderdeel niet bedoeld is.

Mogelijke oorzaken van overbelasting zijn:

- hitte;
- stootbelasting;
- slijtage door gebruik;
- overmatige sneeuwbelasting;
- overmatige waterbelasting;
- overmatige windbelasting;
- overmatige belasting door objecten tegen wand;
- overmatige belasting door objecten verbonden aan wand;
- trilling door aardbeving;

- trilling door creëren sparing;
- trilling door nabij gelegen verkeersdrempel;
- trilling door wegverkeer;
- trilling door spoorverkeer;
- trilling door luchtverkeer;
- trilling door bouwactiviteiten in de omgeving;
- trilling door verbouw van de woning;
- trilling door industriële activiteiten.

Als een woning belast wordt door een aardbeving kan deze beving schade veroorzaken. Hoe de schade zich uit (het beeld van de schade) is gerelateerd aan de intensiteit van de beving. Een beving met een geringe kracht kan schade veroorzaken, deze zal beperkt blijven tot fijne scheuren in de muren van het gebouw. Schade veroorzaakt door een forse beving uit zich door diepe scheuren in veel muren, het vallen van grote stukken pleisterwerk en delen van de schoorsteen komen omlaag. Bij een zware aardbeving zullen gebouwdelen bezwijken en muren omvallen. De oorzaak 'trilling door aardbeving' heeft in onze rapportage alleen betrekking op schade die duidelijk herkenbaar is als aardbevingschade, schade die alleen door een aardbeving veroorzaakt zou kunnen zijn.

### Zetting

Zetting is in de beoordeling opgenomen als aparte typologie, hoewel het een vorm van verhinderde vervorming is. Met zetting worden over het algemeen zettingverschillen bedoeld, waarbij de ene plaats van de fundering meer vervorming ondergaat dan de andere plaats. Dit zorgt, net als bij de doorbuiging van een vloer, voor spanningen in de bovenliggende constructie, die niet mee kan vervormen.

Zetting treedt altijd op bij nieuwbouw en kan nog jarenlang door gaan. Deze vorm van zetting wordt autonome zetting genoemd. Daarnaast kan een verstoring van de ondergrond door bijvoorbeeld verbouwactiviteiten, een wijziging van de grondwaterstand of het graven van een gat naast een gebouw oorzaak zijn van zetting.

Mogelijke oorzaken van zetting zijn:

- autonoom ten gevolge van gewichtsverschillen;
- autonoom ten gevolge van verschillen in ondergrond;
- autonoom ten gevolge van uitbreiding woning;
- autonoom ten gevolge van verschillende wijze van funderen;
- verbouwactiviteiten nabije omgeving;
- wijziging van grondwaterstand;
- inklinken van veen;
- onttrekking grondwater door boomgroei;
- verdichting ondergrond door trilling;
- belastingen naast gebouw;
- gat graven naast gebouw;
- wegspoelen ondergrond.

### Onvoldoende sterkte constructie

Schade kan ook ontstaan wanneer een constructieonderdeel niet in staat is om bepaalde belastingen op te nemen. In dit geval is sprake van 'onvoldoende sterkte constructie'. Het verschil met overbelasting is dat de constructie de belasting wel op had moeten kunnen nemen, maar door een bouwfout of veroudering van het constructieonderdeel daartoe niet in staat is. Dit veroorzaakt vaak schade in de vorm van scheuren of afgespatte onderdelen.

Mogelijke oorzaken van een onvoldoende sterke constructie zijn:

- geen voorzieningen voor opnemen spatkrachten;
- onderdeel te licht voor toepassing;
- veroudering van constructie onderdeel;
- ontbreken van latei;
- spanningsconcentratie bij oplegging.

## Overige

In de beoordeling van de schades is een schifting gemaakt tussen oude en (mogelijk) nieuwe schades. Schades, die duidelijke ouderdomskenmerken vertoonden of die door bewoners zelf zijn aangemerkt als oud hebben het oordeel 'schade van oudere oorsprong' gekregen. In enkele gevallen is naast dit oordeel ook een oorzaak aangewezen waardoor de schade vermoedelijk ooit is ontstaan. Wanneer de bewoners hebben aangegeven dat de schade verergerd is, is altijd gekeken naar een oorzaak.

Sommige schades hebben geen duidelijke kenmerken van een van de hierboven genoemde oorzaken en zijn ook niet van oudere oorsprong. In dat geval is het oordeel 'geen oorzaak schade aan te wijzen' gegeven. Dit wil niet zeggen dat er geen oorzaak is, maar betekent meestal dat er te weinig beschikbare informatie is om een vermoedelijke oorzaak aan te wijzen.



## BIJLAGE: RAPPORT REIKWIJDTE ONDERZOEK



# Reikwijdte onderzoek

Berekening piekgrondsnelheid door beving Emmen 30.09.2015  $M_L 2,3$

Nederlandse Aardolie Maatschappij BV

3 juni 2016

Project Reikwijdte onderzoek  
Document Berekening piekgrondsnelheid door beving Emmen 30.09.2015 ML 2,3  
Status Definitief  
Datum 3 juni 2016  
Referentie EMN104-1/16-009.794

Opdrachtgever Nederlandse Aardolie Maatschappij BV  
Projectcode EMN104-1  
Projectleider ing. H.L.M. Laagland  
Projectdirecteur dr.ir. T.A.M. Salet

Auteur(s) dr.ir. S. Slob  
Gecontroleerd door dr.ir. C. Sigaran-Loria  
Goedgekeurd door ing. H.L.M. Laagland

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Van Twickelostraat 2  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
www.witteveenbos.com  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

1	<b>INTRODUCTIE</b>	<b>1</b>
2	<b>BEPALING PIEKGRONDVERSNELLING EN PIEKGRONDSNELHEID</b>	<b>3</b>
3	<b>DEFINITIE VAN DE GEHANTEERDE GMPE FORMULES</b>	<b>5</b>
4	<b>INVLOED VAN DE GRONDGESTELDHEID</b>	<b>7</b>
5	<b>SBR RICHTLIJN DEEL A (SCHADE AAN GEBOUWEN)</b>	<b>8</b>
6	<b>RESULTATEN VAN DE ANALYSE</b>	<b>11</b>
7	<b>LITERATUUR</b>	<b>12</b>
	Laatste pagina	12
	<b>Bijlage(n)</b>	<b>Aantal pagina's</b>
A	Informatie Emmen veld en schademeldingen (bron: NAM)	7
B	Doorsnedes ondiepe ondergrond (bron: DINOloket)	2
C	CPT informatie uit het Emmen aardbevingsgebied met VS afgeleid	6
D	Grond klassen volgens eurocode 8	1
E	Numerieke uitkomsten van de pgv berekening	2





# 1

## INTRODUCTIE

Op 30 september 2015 was er een aardbeving in de omgeving van Emmen. Deze aardbeving vond plaats om 23:34 u lokale tijd. Deze aardbeving is door het KNMI als volgt geregistreerd en vastgelegd in de aardbevingscatalogus voor geïnduceerde aardbevingen [lit. 1]:

- latitude: 52.778° Longitude: 6.880°;
- diepte: 3,0 km;
- type aardbeving: geïnduceerd;
- plaats: Emmen;
- magnitude: 2,3 ( $M_L$ ).

De magnitude schaal die door het KNMI wordt gehanteerd is de  $M_L$  schaal, de zogenaamde Local Magnitude. Dit is gelijk aan de welbekende Richter Magnitude schaal. Voor veel beschouwingen wordt echter gebruik gemaakt van andere magnitude schalen, zoals de Moment Magnitude ( $M_w$ ).

Deze aardbeving valt buiten het normale aardbevingsgebied van Groningen en is niet veroorzaakt door gaswinning in het grotere Groningen (Slochteren) veld. Volgens informatie aangeleverd door de NAM (zie bijlage I) valt het door het KNMI gemeten epicentrum samen met het Emmen gasveld dat dieper ligt dan 3.300 m. De nabijgelegen Roswinkel en Sleen velden bevinden zich op geringere diepte (ongeveer 2.000 meter). Het Emmen gasveld is vergelijkbaar met het Slochteren veld in het opzicht dat het voorkomt op vergelijkbare diepte en ook wordt afgedekt door de Zechstein zoutformatie (zie bijlage I). Het Emmen veld bestaat wel uit een ander type reservoirgesteente, *namelijk kalksteen in plaats van de Slochteren zandsteen*.

Er zijn tot nu toe 12 geïnduceerde aardbevingen gemeten in het Emmen veld (zie bijlage I). De aardbeving van 30 september 2015 met Magnitude 2,3 was de aardbeving met de grootste magnitude. De tweede grootste (geïnduceerde) aardbeving was die van 15 februari 1991 met Magnitude 2,2. Deze is ook gemeten op 3 km diepte.

De analyse beschreven in deze notitie heeft als doel de theoretische piekgrondsnelheid waaraan huizen en gebouwen zijn blootgesteld, te berekenen rondom Emmen voor de opgetreden  $M_L = 2,3$  aardbeving van 30 september 2015. Dit is een deterministische analyse. De berekende piekgrondsnelheid op maaiveld wordt vervolgens getoetst aan de SBR-richtlijn deel A [lit. 6]. De SBR-richtlijn Deel A geeft een procedure voor het meten van trillingen en een procedure voor de beoordeling van de invloed van trillingen met het oog op mogelijke schade aan het bouwwerk of aan onderdelen daarvan [lit. 6].

Sectie 2 gaat in op de achtergrond achter de berekening van de piekgrondsnelheid ten gevolge van de aardbeving. De gehanteerde GMPE formules worden beschreven in Sectie 3. De invloed van de grondgesteldheid wordt beschreven in Sectie 4. De SBR-richtlijn wordt beschreven in Sectie 5. De resultaten worden beschreven in Sectie 6.

Voor het Groningen aardbevingsgebied wordt sinds begin 2015 ook de Nederlandse Praktijkrichtlijn gehanteerd (NPR 9998) [lit. 5]. Het doel hiervan is om een richtlijn te bieden voor de beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren. De richtlijn geeft grondslagen voor aardbevingsbelastingen en dan specifiek voor geïnduceerde aardbevingen. Het uitgangspunt voor de aardbevingsbelastingen van de huidige richtlijn zijn de seismische hazard kaarten die door het KNMI zijn opgesteld [lit. 2 en lit. 3]. Voor de analyse beschreven in deze notitie is toetsing aan de

NPR 9998 echter niet bruikbaar, omdat het een ontwerprichtlijn betreft voor de beoordeling van de constructieve veiligheid en niet een richtlijn voor het beoordelen van schade. Ook zijn de aardbevingsbelastingen voor de NPR probabilistisch bepaald, terwijl de analyse in deze notitie deterministisch is. Wel worden in deze analyse dezelfde GMPE's gehanteerd die zijn gebruikt voor het opstellen van de (probabilistische) hazard kaarten voor de NPR 9998.

# 2

## BEPALING PIEKGRONDVERSNELLING EN PIEKGRONDSNELHEID

Om de theoretische aardbevingsbelasting door een specifiek opgetreden aardbeving op huizen en gebouwen vast te stellen wordt gebruik gemaakt van zogenaamde Ground Motion Prediction Equations (GMPE). Een GMPE is een empirische relatie tussen de op het maaiveld gemeten aardbevingsbelasting (in PGA (*Peak Ground Acceleration* of piekgrondversnelling) of PGV (*Peak Ground Velocity* of piekgrondsnelheid) en de afstand tot het hypocentrum van de aardbeving. Het hypocentrum is de locatie in de ondergrond waar de aardbeving ontstaat. Het epicentrum is de locatie aan het maaiveld recht boven het hypocentrum.

GMPE's worden normaal gesproken afgeleid voor natuurlijke tektonische aardbevingen en zijn bepaald voor specifieke tektonische gebieden. Voor de geïnduceerde aardbevingen in Groningen zijn ook specifieke GMPE's bepaald [lit. 2, lit. 3 en lit. 4]. Deze specifieke GMPE's zijn gebruikt door het KNMI voor het vaststellen van de probabilistisch seismische hazard kaart. Deze kaart dient als basis voor de NPR ontwerprichtlijn voor Groningen, zoals beschreven in Sectie 1. Deze kaart wordt vaak de PGA contourkaart genoemd omdat deze het aardbevingsgevaar als isolijnen van gelijke PGA (piekgrondversnelling) weergeeft. Het gebied in Emmen valt overigens buiten het aardbevingsgebied in Groningen. Omdat er specifiek voor dit gasveld in Emmen geen aparte GMPE's zijn opgesteld en omdat het Emmen veld op ongeveer dezelfde diepte zit als het Groningen veld en er ook een zoutlaag zit bovenop het gasvoorkomen, wordt er voor deze analyse aangenomen dat de GMPE's voor Groningen ook hier toepasbaar zijn.

De GMPE's kunnen ook gebruikt worden op een deterministische manier om de (theoretische) piekgrondversnellingen of piekgrondsnelheden af te leiden op basis van een of meerdere opgetreden aardbevingen. Hierbij wordt de empirische GMPE relatie gebruikt om op basis van een bepaald aardbeving scenario de te verwachten aardbevingsbelasting op maaiveld te berekenen. Dit is wat er in deze studie wordt gedaan.

Er is op dit moment een continue ontwikkeling gaande in het vaststellen van deze GMPE's. Omdat er elk jaar steeds meer meetgegevens bijkomen en er steeds meer voortschrijdend inzicht is in de mechanismen worden de GMPE's steeds bijgesteld. Ook de hoeveelheid gas dat gewonnen wordt is aangepast, wat weer een andere aardbevingsverwachting geeft. Dit levert dan ook weer nieuwe PGA contourkaarten op. De bestaande PGA contourkaarten die het KNMI heeft opgesteld voor de huidige NPR zullen dan ook binnenkort worden bijgewerkt [lit. 3].

De GMPE's die op dit moment de meest up-to-date relatie geven voor de PGV voor het aardbevingsgebied in Groningen zijn gepubliceerd door het KNMI in 2013 [lit. 2]. Hierin worden 2 GMPE modellen besproken: het lokale D04 model en het Europese ASB model. Bovendien wordt er [lit. 2] nog een aangepast ASB model beschreven, het ASB *modified* model. Het ASB *modified* model wordt door het KNMI ook wel het V0 model genoemd en diende als basis voor de huidige seismische hazard kaart voor Groningen, waarnaar ook in de NPR 9998 wordt verwezen.

Er zijn inmiddels verbeterde modellen vastgesteld door Julian Bommer in samenwerking met o.a. het KNMI en de NAM [lit. 3] en de details worden in 2016 officieel gepubliceerd [lit. 4]. Julian Bommer is seismoloog en hoogleraar op Imperial College, Londen. Bommer heeft vele publicaties op zijn naam staan op het gebied van aardbevingsgevaar analyse en wordt wereldwijd gezien als belangrijk expert op zijn vakgebied. Deze verbeterde GMPE's (V1) geven niet alleen relaties voor PGA maar ook voor SA (spectral acceleration of spectrale grondversnelling). Ook zijn de onzekerheden in de relaties verder verkleind.

Echter, er worden in deze publicatie geen GMPE's gegeven voor PGV. Dus voor deze studie zijn de nieuwe (V1) GMPE's niet bruikbaar. Daarom worden de GMPE's van het V0 model in deze studie gebruikt.

# 3

## DEFINITIE VAN DE GEHANTEERDE GMPE FORMULES

De algemene vergelijking voor seismische grondbelasting is volgens het ASB model als volgt [lit. 2]:

$$\ln(PGV) = \ln(PGV_{REF}) + \ln(S) + \varepsilon\sigma$$

Vergelijking 1. Algemene vergelijking voor seismische grondbelasting

Waarin:

- PGV = piekgrondsnelheid voor bepaalde  $V_{S,30}$  in cm/s
- $PGV_{REF}$  = piekgrondsnelheid (voor  $V_{S,30, REF} = 750$  m/s) in cm/s
- $\sigma$  = standaardafwijking (deze is gedefinieerd op 0,4 voor de V0 GMPE)
- $\varepsilon$  = aantal malen +/- de standaardafwijking om de boven- en ondergrens vast te stellen.

Er zit een bepaalde onzekerheid in deze empirische relaties. De onzekerheid in de uitkomst wordt weergegeven met de standaardafwijking. Deze standaardafwijking is 0,4 en in deze analyse wordt 2x de standaardafwijking gebruikt om het 95% betrouwbaarheidsinterval aan te geven.

In de term  $\ln(S)$  zit de correctie voor het type ondergrond, versimpelt tot  $V_{S,30}$ , de gemiddelde schuifgolfsnelheid (Engels: shear wave velocity) in de bovenste 30 meter. Voor de bepaling van de  $V_{S,30}$  wordt verwezen naar Sectie 4. De term  $\ln(S)$  wordt ook wel de niet-lineaire grond amplificatie functie genoemd (*nonlinear site amplification function*) en is als volgt gedefinieerd [lit. 2]:

$$\ln(S) = -0.72057 \ln\left(\frac{V_{S,30}}{V_{REF}}\right) - 0.19688 \ln\left(\frac{PGA_{REF} + 2.5 \left(\frac{V_{S,30}}{V_{REF}}\right)^{3.2}}{(PGA_{REF} + 2.5) \left(\frac{V_{S,30}}{V_{REF}}\right)^{3.2}}\right)$$

Vergelijking 2. Niet-lineaire grond amplificatie functie [lit. 2].

Waarin:

- $V_{REF}$  = referentiewaarde voor de gemiddelde schuifgolfsnelheid in de bovenste 30 m: 750 m/s
- $V_{S,30}$  = de gemiddelde schuifgolfsnelheid in de bovenste 30 meter (zie ook Sectie 4)
- $PGA_{REF}$  = de waarde bepaald uit de V0 GMPE (ASB modified) in Vergelijking 4.

De V0 GMPE's (ofwel het ASB modified model) voor  $PGV_{REF}$  en  $PGA_{REF}$  (deze worden ook wel de 'functional forms' genoemd) zijn als volgt gedefinieerd [lit. 2]:

$$\ln(PGV_{REF}) = 1.136255 + 1.4529M_W - 0.11474(8.5 - M_W)^2 + [0.480586M_W - 3.749226] \ln\left(\sqrt{R^2 + (3.043M_W - 4.065)^2}\right)$$

Vergelijking 3. Functional form van de  $PGV_{REF}$  [lit. 2].

$$\ln(\text{PGA}_{\text{REF}}) = -3.161825 + 1.5029M_W - 0.04846(8.5 - M_W)^2 + [0.55634M_W - 4.460575] \ln(\sqrt{R^2 + (2.593M_W - 3.389)^2})$$

Vergelijking 4. Functional form van de  $\text{PGA}_{\text{REF}}$  [lit. 2].

Waarin:

- $\text{PGV}_{\text{REF}}$  = piekgrondsnelheid (voor  $V_{s30 \text{ REF}} = 750 \text{ m/s}$ ) in cm/s
- $\text{PGA}_{\text{REF}}$  = piekgrondversnelling (voor  $V_{s30 \text{ REF}} = 750 \text{ m/s}$ ) in  $g^2$
- $M_W$  = Moment Magnitude
- $R$  = afstand to hypocentrum in kilometers:  $R^2 = (\text{diepte aardbeving})^2 + (\text{afstand to epicentrum})^2$

Opmerking: de functional forms geven de PGV en PGA respectievelijk in cm/s en g, Voor deze analyse wordt de PGV uitkomst omgerekend naar mm/s omdat de SBR-toetswaarden ook in mm/s zijn.

In het algemeen geldt dat voor kleine magnitudes ( $3 < M < 5$ )  $M_L = M_W$  (lit. 2). Echter voor kleinere aardbevingen, vooral voor  $M_W < 2$ , wordt  $M_L$  systematisch kleiner geacht. Op basis van Roswinkel data is er de volgende relatie opgesteld tussen  $M_W$  en  $M_L$  [lit. 2]:

$$M_W = 0.578M_L + 1.168$$

Vergelijking 5. Relatie tussen  $M_W$  en  $M_L$  [lit. 2].

Volgens deze relatie is de magnitude van de beving van Emmen van  $M_L 2,3$  gelijk aan  $M_W 2,5$ . De functional form voor  $\text{PGV}_{\text{REF}}$  is geldig voor  $M_W < 3,8$  en de functional form voor  $\text{PGA}_{\text{REF}}$  is geldig voor  $M_W \leq 4,2$ . Dus beiden zijn geldig voor deze beving.

# 4

## INVLOED VAN DE GRONDGESTELDHEID

De schuifgolfsnelheid ( $V_s$ ) is een parameter om de stijfheid van de grond te karakteriseren, een belangrijke parameter voor het seismisch gedrag. In het algemeen geldt dat een relatief hoge schuifgolfsnelheid in de bovenste 30 meter (bijvoorbeeld dicht gepakt zand) een stijf gedrag geeft en een relatief lage grond responsie (lage PGA en PGV). Een relatief slap grondpakket (bijvoorbeeld Holocene klei) heeft een relatieve lage schuifgolfsnelheid en daarmee ook een relatief hoge grond response (hoge PGA en PGV).

In werkelijkheid is de invloed van de grondgesteldheid ingewikkelder dan hierboven geschetst en er zit ook een belangrijke frequentie afhankelijkheid in die niet alleen door de parameter  $V_s$  kan worden gekarakteriseerd. Vooral de invloed van slappe grondpakketten in de bovenste 5 a 10 meter hebben een belangrijke invloed op de uiteindelijke grondresponsie. *De analyse die in dit rapport staat beschreven beschrijft dus niet de site-specifieke effecten indien de bovenste 5 tot 10 meter uit slappe lagen bestaat.*

In Eurocode 8 [lit. 7] wordt een onderverdeling in verschillende grondtypes gehanteerd, gebaseerd op seismisch gedrag (zie bijlage IV). Volgens deze classificatie valt bijvoorbeeld grond met een  $V_{s,30}$  tussen 180 en 360 m/s in grondklasse C. Een dik pakket van zeer slappe klei kan bijvoorbeeld een  $V_{s,30}$  van minder dan 100 m/s hebben en dit valt dan in grondklasse D of S1.

De  $V_{s30}$  kan ook worden bepaald op basis van CPT testen. CPT staat voor Cone Penetration Test, dit is een geotechnische sondering. Er bestaan goede empirische relaties tussen de conusweerstandswaarden ( $q_c$ ) en schuifgolfsnelheid ( $V_s$ ). Voor deze studie zijn de relevante (dieper dan 20 m.) CPT gegevens geanalyseerd uit de database van het DINOLOket [lit. 8] in het analyse gebied. In totaal zijn er 5 relevant CPT's gevonden. Deze CPT gegevens zijn weergegeven in bijlage III. Hieruit valt af te leiden dat in het gebied waar de schademeldingen zijn gekomen, bestaat uit een relatief stijve ondergrond.

Dit kan worden bevestigd door een representatief ondiep geologisch profiel die tevens in het DINOLOket is gegenereerd (zie bijlage II). Dit profiel laat zien dat ten zuidwesten van de stad Emmen de eerste 30 meter van de ondergrond vnl. bestaat uit dichtgepakte fijne zand en kleipakketten van de Formatie van Peelo en daaronder de Formatie van Urk. Ten noordoosten van de stad Emmen bestaat de ondergrond vnl. uit dikke dekzandafzettingen van de Formatie van Bortel en daaronder de Formatie van Urk en Drenthe. Deze geologische eenheden hebben een oorsprong in het Pleistoceen en zijn daarmee ouder dan het Holoceen. De Pleistocene grondsoorten zijn over het algemeen dicht gepakt (in het geval van zand) en overgeconsolideerd (in het geval van klei) en vertonen daarmee een relatief stijf gedrag, wat overeenkomt met de gegevens uit de CPT's.

De ondergrenswaarde van de  $V_s$  kan globaal worden vastgesteld op basis van alle geplote waarden en ligt rond de 200 m/s. Deze waarde is gebruikt in de analyse als conservatieve aanname voor  $V_{s,30}$ .

# 5

## SBR-RICHTLIJN DEEL A (SCHADE AAN GEBOUWEN)

De onderstaande tekst in deze Sectie is overgenomen uit relevante delen van de SBR-richtlijn deel A (Schade aan gebouwen) [lit. 6] voor trillingen. Enkele aanvullingen zijn gegeven tussen [ ] haakjes.

De SBR-richtlijn Deel A geeft een procedure voor het meten van trillingen en een procedure voor de beoordeling van de invloed van trillingen met het oog op mogelijke schade aan het bouwwerk of aan onderdelen daarvan. De richtlijn heeft betrekking op alle trillingsbronnen [Red.: dus ook aardbevingen], voor zover de daardoor veroorzaakte trillingen in het beschouwde frequentie-interval voorkomen.

Onder schade aan een bouwwerk wordt een verandering van de eigenschappen of van de positie van (een onderdeel van) een bouwwerk verstaan, met één of meer van de volgende gevolgen:

- een verlies van functie, zoals het bezwijken van dragende onderdelen;
- een vermindering van de integriteit van het onderdeel of van het bouwwerk als geheel met betrekking tot zijn dragende functie, waarbij sprake is van een significante vermindering van de veiligheid op de korte of langere termijn (vermindering van de verwachte levensduur);
- een vermindering van de economische waarde of van de gebruikswaarde, zoals bij scheurvorming in afwerkragen of betegeling.

Deze meet- en beoordelingsrichtlijn is bedoeld om te worden toegepast op bestaande bouwwerken. De richtlijn kan ook worden gebruikt voor de beoordeling van predicties voor nieuw te bouwen bouwwerken.

De meetprocedure kan ook zelfstandig worden gebruikt, in combinatie met een andere beoordelingsprocedure; evenzo kan de beoordeling worden toegepast indien trillingssterkten bijvoorbeeld door middel van berekening zijn verkregen [Red: zoals in deze analyse door middel van de GMPE predictie].

Onderscheid wordt gemaakt in de constructiewijze en in de staat van het bouwwerk. De onderstaande indeling in categorieën van bouwwerken en van onderdelen daarvan wordt aangehouden:

### Categorie 1

- in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.

Opmerking: gebouwen gemaakt uit staal vallen buiten het toepassingsgebied van deze richtlijn. Deze zijn in het algemeen minder kwetsbaar dan gebouwen uit categorie 1.

### Categorie 2

- in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk;
- in goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies die bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.



### Categorie 3

- onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde;
- in slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen van gebouwen.

Het bouwwerk kan in een slechte bouwkundige staat verkeren. Er is sprake van een slechte bouwkundige staat als:

- de sterkte van de draagconstructie in belangrijke mate is verminderd door reeds aanwezige schade;
- de onderlinge samenhang van onderdelen of de sterkte van verbindingen tussen onderdelen zodanig is, dat deze door trillingen kan bezwijken of in belangrijke mate kan verzwakken.

Omstandigheden die duiden op een slechte bouwkundige staat zijn bijvoorbeeld: reeds aanwezige scheurvorming, kieren, sterke vervormingen, verzakkingen en scheefstand van een gebouw.

Opmerking 1: onderdelen bestaande uit staal of voorgespannen beton kunnen in categorie 1 worden ingedeeld, waarbij moet worden bedacht dat de mate waarin deze onderdelen tegen de effecten van trillingen bestand zijn aanzienlijk groter is dan de grenswaarden die hierna voor deze categorie zijn gegeven.

Het schema voor de toetsing is als volgt:

- 1 Bepaal de rekenwaarde van de topwaarde  $V_d$  [Red.:  $V_d$  wordt hier bepaald volgens de vergelijkingen beschreven in Sectie 3 en is gelijk aan PGV].
- 2 Bepaal gebouwcategorie [Red.: in dit geval wordt ervan uitgegaan dat alle gebouwcategorieën aanwezig zijn].
- 3 Stel de karakteristieke grenswaarde [Red.  $V_{kar}$ ] vast conform 10.3 (figuur 2, figuur 3, tabel 6); [Re.: de relevante grenswaarden, zijn in tabel 5.1 weergegeven].
- 4 Bepaal de rekenwaarde van de grenswaarde  $V_r$  inclusief partiële veiligheidsfactor  $\gamma_t$  (afhankelijk van het type trilling) [Red.: volgens vergelijking 6 en tabel 5.2. In dit geval is de partiële veiligheidsfactor  $\gamma_t$  gelijk aan 1,0, omdat de aardbevingstrilling van korte duur is, dus  $V_r = V_{kar}$ ].
- 5 Schade is niet waarschijnlijk als  $V_d < V_r$  [Red. in dit geval is  $V_d$  gelijk aan de berekende piekgrondsnelheid of PGV].

Alleen de grenswaarden voor 0 Hz zijn weergegeven omdat deze samenvalt met de frequentie van de PGV zoals deze hierboven in Sectie 3 zijn gedefinieerd [lit. 6].

Tabel 5.1 Karakteristieke grenswaarde ( $V_{kar}$ ) voor de gebouwcategorieën in mm/s [lit. 6]

f [Hz]	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Fund.
0	20,00 mm/s	5,00 mm/s	3,00 mm/s	-

$$V_r = \frac{V_{kar}}{\gamma_t}$$

Vergelijking 6. Correctie van de karakteristieke waarde op basis van de type trilling

Waarin:

$V_r$  = de rekenwaarde van de grenswaarde;

$V_{kar}$  = de karakteristieke waarde van de grenswaarde volgens tabel 5.1;

$\gamma_t$  = de partiële veiligheidsfactor die het type trilling in rekening brengt, volgens tabel 5.2.

Tabel 5.2 Partiële veiligheidsfactor  $\gamma_t$  die het type trilling in rekening brengt [lit. 6]

Type trilling	Partiële veiligheidsfactor $\gamma_t$
kortdurend	1,0
herhaald kortdurend	1,5
continue	2,5

Opmerking: Normaal gesproken gaat de SBR-richtlijn uit van een trillingsmeting gedaan in een gebouw (bijvoorbeeld aan de fundering). De PGV waarden die worden berekend aan de hand van de GMPE's zijn representatief voor de pieksnelheid aan maaiveld, dus niet in de woning. De trilling vanaf het maaiveld wordt meestal voor een deel opgenomen door de constructie van de woning of gebouw, dus zullen trillingsmetingen (aan de fundering) van het gebouw meestal kleiner zijn dan dezelfde trilling gemeten op maaiveld. Het gebruik van de berekende maaiveld waarde is dus een conservatief uitgangspunt.

# 6

## RESULTATEN VAN DE ANALYSE

Op basis van de relaties uit Sectie 3 is een relatie gevonden tussen de piekgrondversnelling (PGV) als functie van de afstand tot het epicentrum van de beving van 30 september 2015. Hierbij zijn een bovengrens en ondergrens aangenomen die het 95% betrouwbaarheidsinterval aangeven. Deze curven zijn vervolgens getoetst aan de SBR-grenswaarde die in Sectie 5 zijn gedefinieerd. Zolang de curven onder de grenswaarden van de verschillende categorieën vallen, is schade door de aardbeving van 30 september 2015 als gevolg van trillingen niet waarschijnlijk. De variabelen in de GMPE relaties zijn hieronder kort samengevat. De resultaten zijn gegeven als grafiek in afbeelding 6.1. De numerieke waarden zijn gegeven in bijlage V.

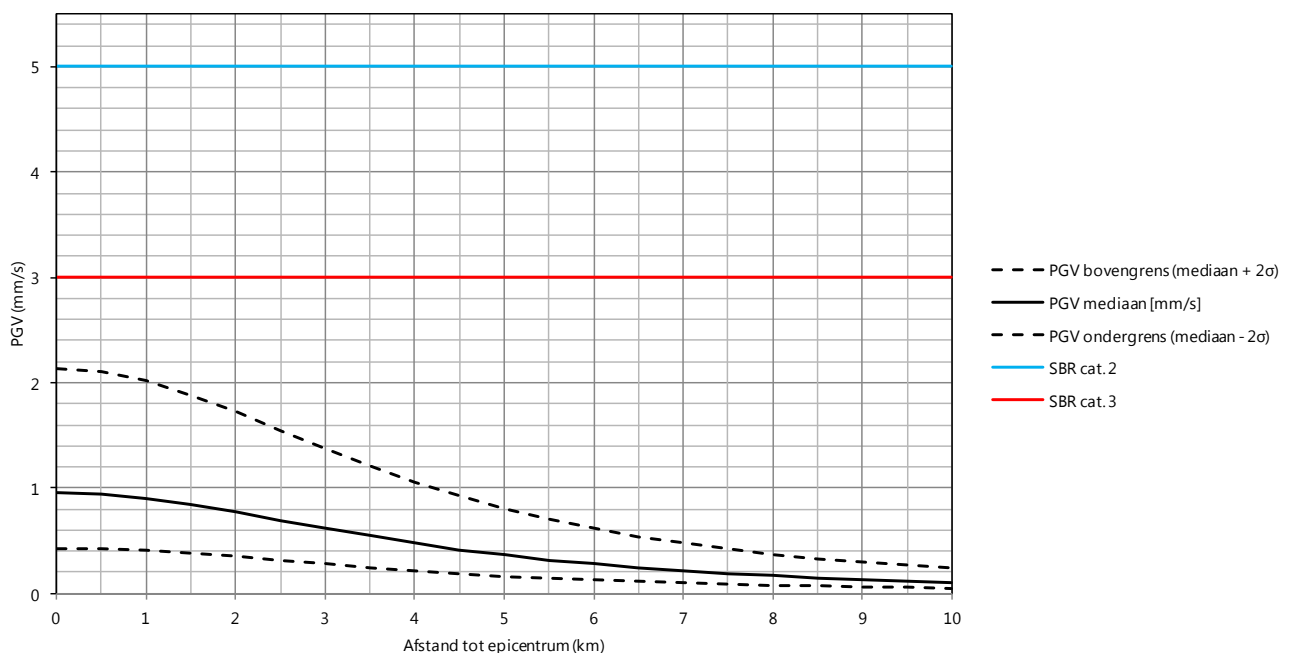
Samenvatting van de gebruikte parameters:

- $M_L = 2,3$ ;  $M_W = 2,5$
- $V_{s,30} = 200$  m/s
- diepte hypocentrum: 3 km.

De conclusie uit deze analyse is dat voor de mediaanwaarde van de PGV de SBR-grenswaarde voor geen van de categorieën wordt overschreden. Ook voor de bovengrenswaarde van de PGV (het 95 % betrouwbaarheidsinterval) geldt dat nergens de grenswaarde wordt overschreden.

Afbeelding 6.1 Relatie tussen PGV en afstand tot epicentrum

Peak Ground Velocity [mm/s] op maaiveld in relatie tot afstand epicentrum beving Emmen d.d. 2015-09-30, 21:34:12,  $M_L = 2,3$ ;  $M_W = 2,5$ ; diepte 3,0 km. op basis van GMPE model ASB modified (V0) (KNMI, 2013) en  $V_{s,30} = 200$  m/s (grondklasse C, Eurocode 8)



De grenswaarden volgens SBR zijn in kleur aangegeven voor categorie 2 en categorie 3. De grenswaarde voor categorie 1 past niet op deze schaal. De numerieke waarden zijn gegeven in tabel v.1, van bijlage V.

# 7

## LITERATUUR

- 1 KNMI (2015). Dataset aardbevingscatalogus. Website: [http://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/seismologie/all\\_induced.pdf](http://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/seismologie/all_induced.pdf) (laatst geraadpleegd: 07.12.2015).
- 2 Dost, B., Caccavale, M., Eck, T. van, en Kraaijpoel, D. (2013). Report on the expected PGV and PGA values for induced earthquakes in the Groningen Area. KNMI, December 2013. KNMI Report.
- 3 Dost, B. and Spetzler, J. (2015). Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen; Update 2015. KNMI, October 2015. KNMI Report.
- 4 Bommer, J. J., B. Dost, B. Edwards, P.J. Stafford, J. van Elk, D. Doornhof and M. Ntinalexis (2016). Developing an Application-Specific Ground-Motion Model for Induced Seismicity, Bull. Seismol. Soc. Am., 106(1), in press.
- 5 NPR 9998:2015 (2015). Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen.
- 6 Waarts, P.H. (TNO Bouw) en Ostendorf, C.J. (Cauberg-Huygen) (2006). Schade aan gebouwen, Deel A uit de Meet- en beoordelingsrichtlijn: Trillingen. CUR-SBR.
- 7 NEN-EN 1998-1:2005 en (2005). Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen.
- 8 Dinoloket (2015). Data en informatie van de Nederlandse ondergrond. Website: <https://www.dinoloket.nl/> (laatst geraadpleegd: 07.12.2015).

Bijlage(n)



# A

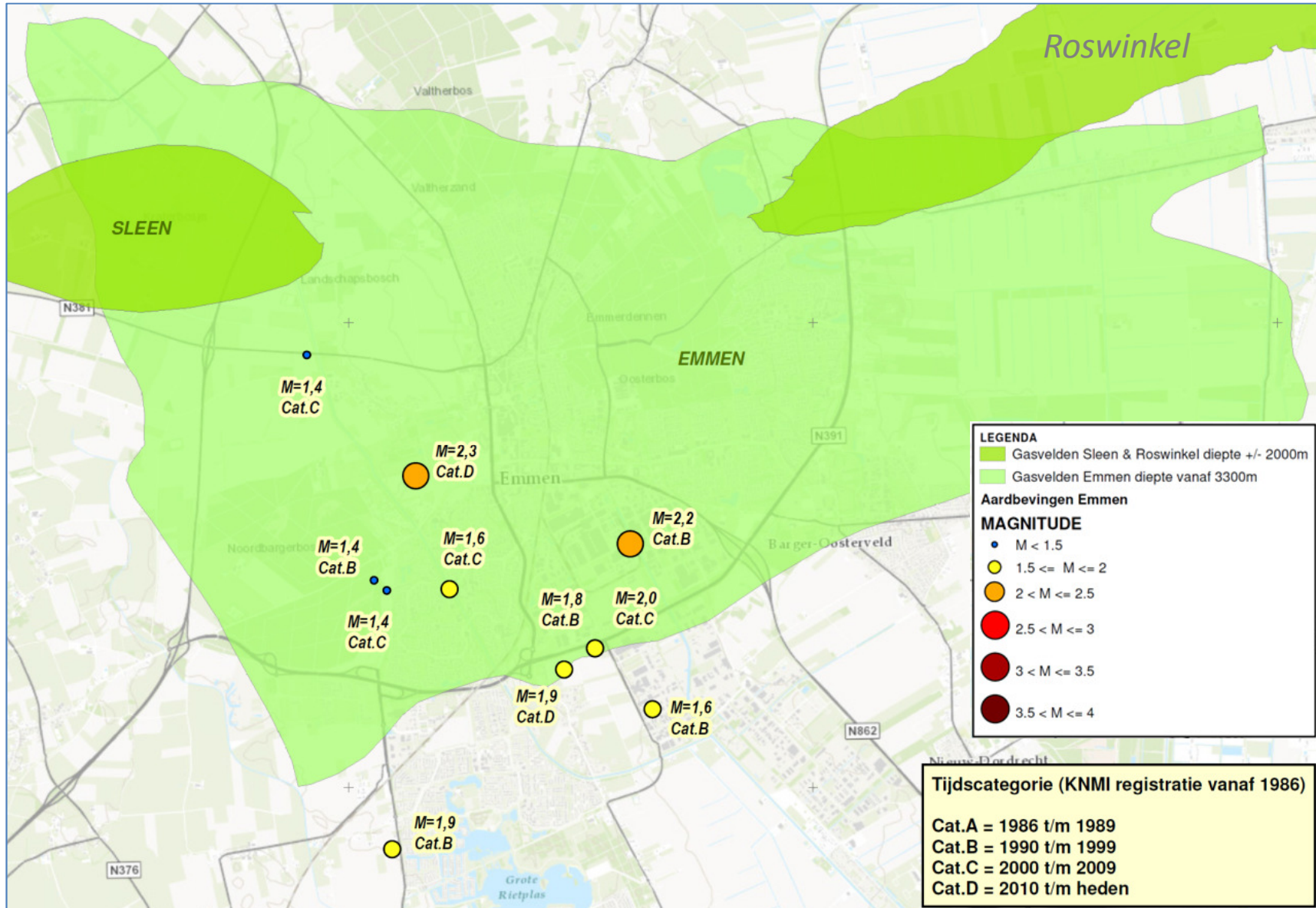
**BIJLAGE: INFORMATIE EMMEN VELD EN SCHADEMELDINGEN (BRON: NAM)**

# Emmen gasveld

- Het gasveld Emmen is een van de kleine gasvelden in Nederland en is sinds 1977 in productie. De totale hoeveelheid gas in de ondergrond bij start productie was 10.3 miljard Nm<sup>3</sup> gas. Tot nu toe is hiervan 6.5 miljard Nm<sup>3</sup> gas geproduceerd en we verwachten nog 0.3 miljard Nm<sup>3</sup> gas te produceren tot aan 2024 (nog maar een paar procent dus). De rest van het gas zal achterblijven in de ondergrond.
- De winning van aardolie en/of aardgas gaat in het algemeen gepaard met een daling van de druk in de ondergrond. Zo ook bij het Emmen veld. Dit soort spanningsverandering kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor een lichte aardbeving plaatsvindt.
- Een door KNMI en TNO-NITG uitgevoerd onderzoek ter bepaling van het risico op aardbevingen ten gevolge van gasproductie geeft aan dat er boven velden zoals Emmen waar reeds lichte bevingen zijn opgetreden, gemiddeld jaarlijks 2 bevingen met magnitude boven 1.5 op de schaal van Richter kunnen optreden. Bevingen met magnitudes vanaf 2.0 zijn duidelijk voelbaar.
- De eerste beving in het gasveld Emmen vindt plaats in 1991 met een magnitude van 2.2 op de Richter schaal. Daarna zijn er nog 10 bevingen geweest met de meest recente op 30 september 2015 met een magnitude van 2.3. De tussenliggende bevingen hadden allen een lagere magnitude.
- In het verleden zijn er ook voelbare aardbevingen geweest in het Roswinkel veld, ten noordoosten van Emmen. De totale hoeveelheid gas in het Roswinkel veld was 20.7 miljard Nm<sup>3</sup> gas, waarvan 17.2 miljard Nm<sup>3</sup> gas is geproduceerd. Dit veld is niet meer in productie en zal op termijn verlaten worden.
- In het Roswinkel veld zijn in het verleden bevingen met magnitudes 3.0 en hoger opgetreden en het totale aantal bevingen was ook aanzienlijk hoger dan in het Emmen veld tot nu toe.
- Er zijn echter wezenlijke verschillen tussen het Emmen en Roswinkel veld. Het Roswinkel gasveld ligt op een gemiddelde diepte van 2km gesitueerd boven het Zechstein zout en bestaat voornamelijk uit zandsteen- en kleisteenlagen met een complexe breukstructuur en waarschijnlijk een andere spanningsconditie. Het Emmen veld daarentegen ligt op een gemiddelde diepte van 3.5km gesitueerd onder het Zechstein zout en het reservoirgesteente is een kalksteenlaag waar de stroming van gas plaatselijk wordt vergemakkelijkt door van nature aanwezige open scheurtjes in het reservoirgesteente.
- Voor wat betreft de ondiepe ondergrond (eerste 10-15m) is het grote verschil tussen beide gasvelden dat de stad Emmen op een zandige eenheid ligt en Roswinkel op een kleiige eenheid. Emmen maakt deel uit van De Hondsrug, een langgerekte zandrug in Drenthe en Groningen die zich van Emmen tot de stad Groningen uitstrekt.
- Voor de kleine velden wordt nog steeds gesteld dat de maximale magnitude 3.9 is waarbij de kans op deze magnitude zeer gering is. Deze situatie is significant verschillend van de situatie die nu geldt voor het Groningen veld.

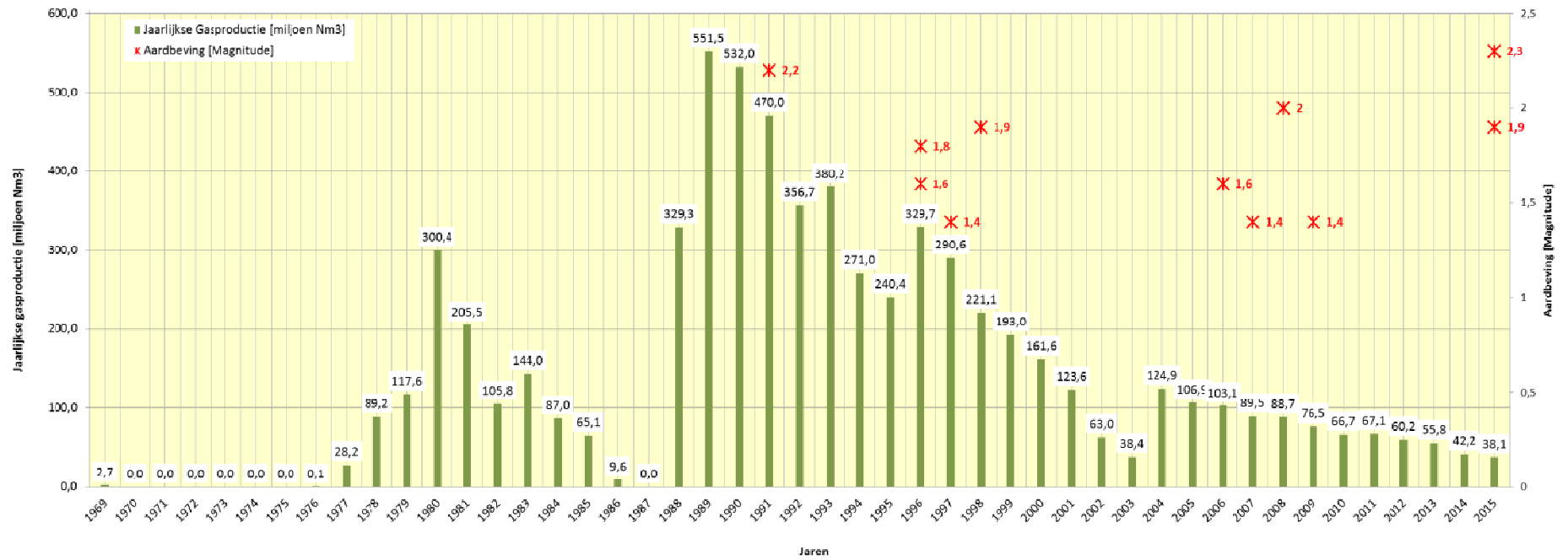


# Overzicht Aardbevingen: Emmen

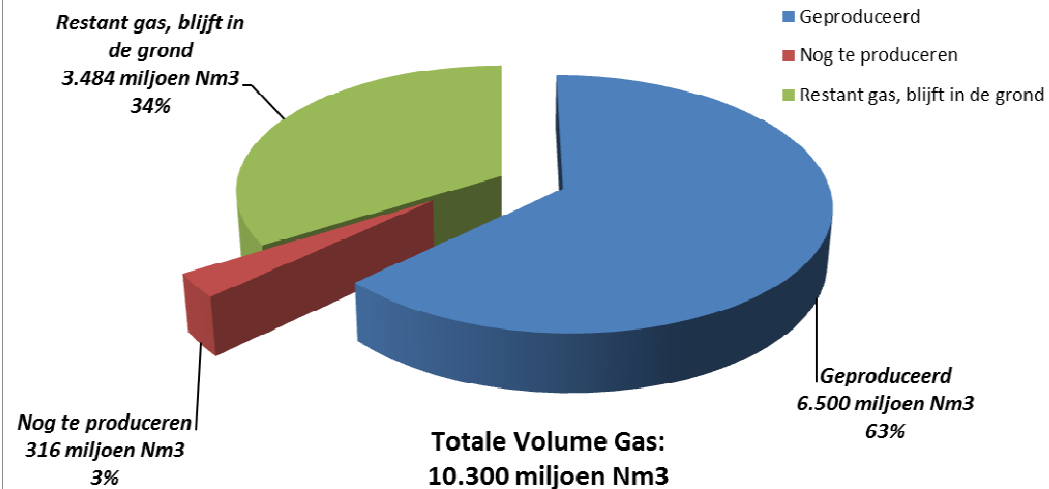


## Emmen – Gasproductie, Volumes & Aardbevingen

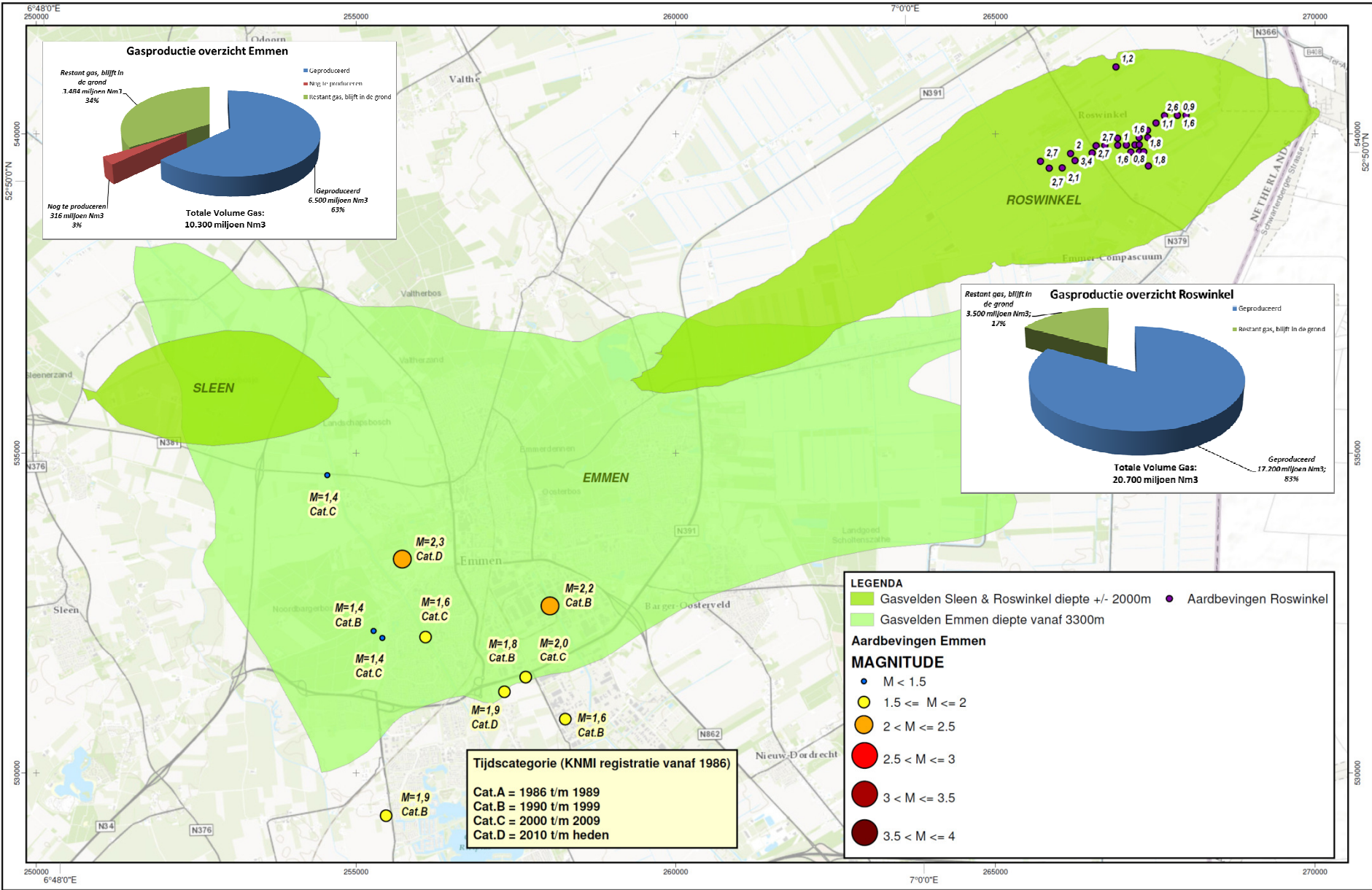
### Jaarlijkse Gasproductie vs Aardbevingen Emmen gasveld [miljoen Nm3]



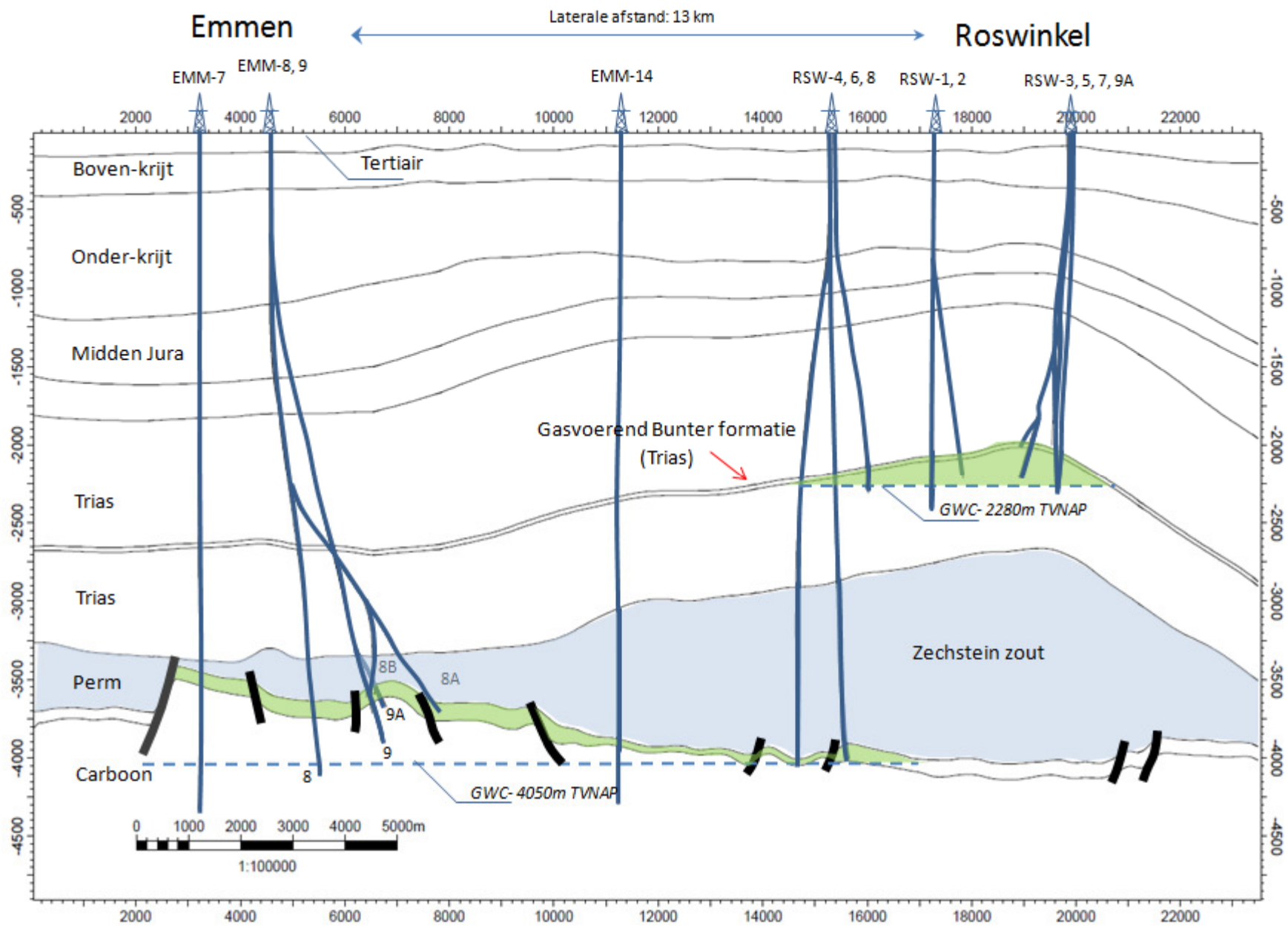
### Gasproductie overzicht Emmen



# Overzicht Aardbevingen: Emmen & Roswinkel

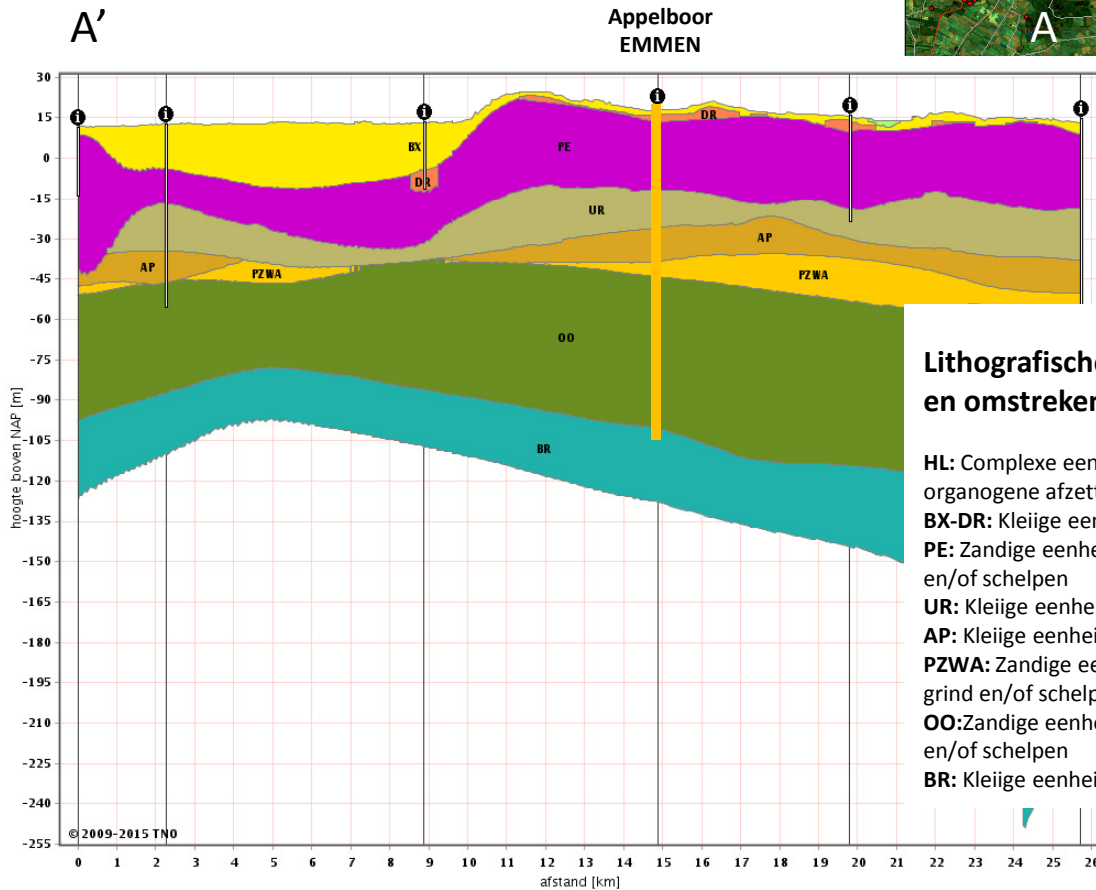
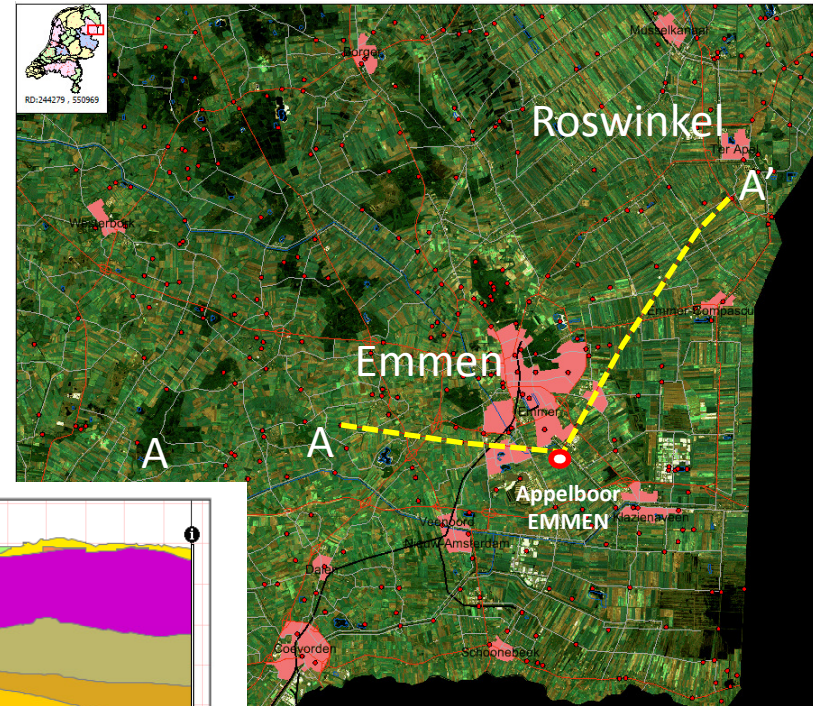






### Landelijk model DGM v1.3 – 2009

HL	01-Holocene afzettingen
BX	02-Formatie van Boxtel
DR	07-Formatie van Drente
PE	11 - Formatie van Peelo
UR	12-Formatie van Urk
AP	14-Formatie van Appelscha
PZWA	16-Formatie van Peize-Waalre
OO	19-Formatie van Oosterhout
BR	20-Formatie van Breda

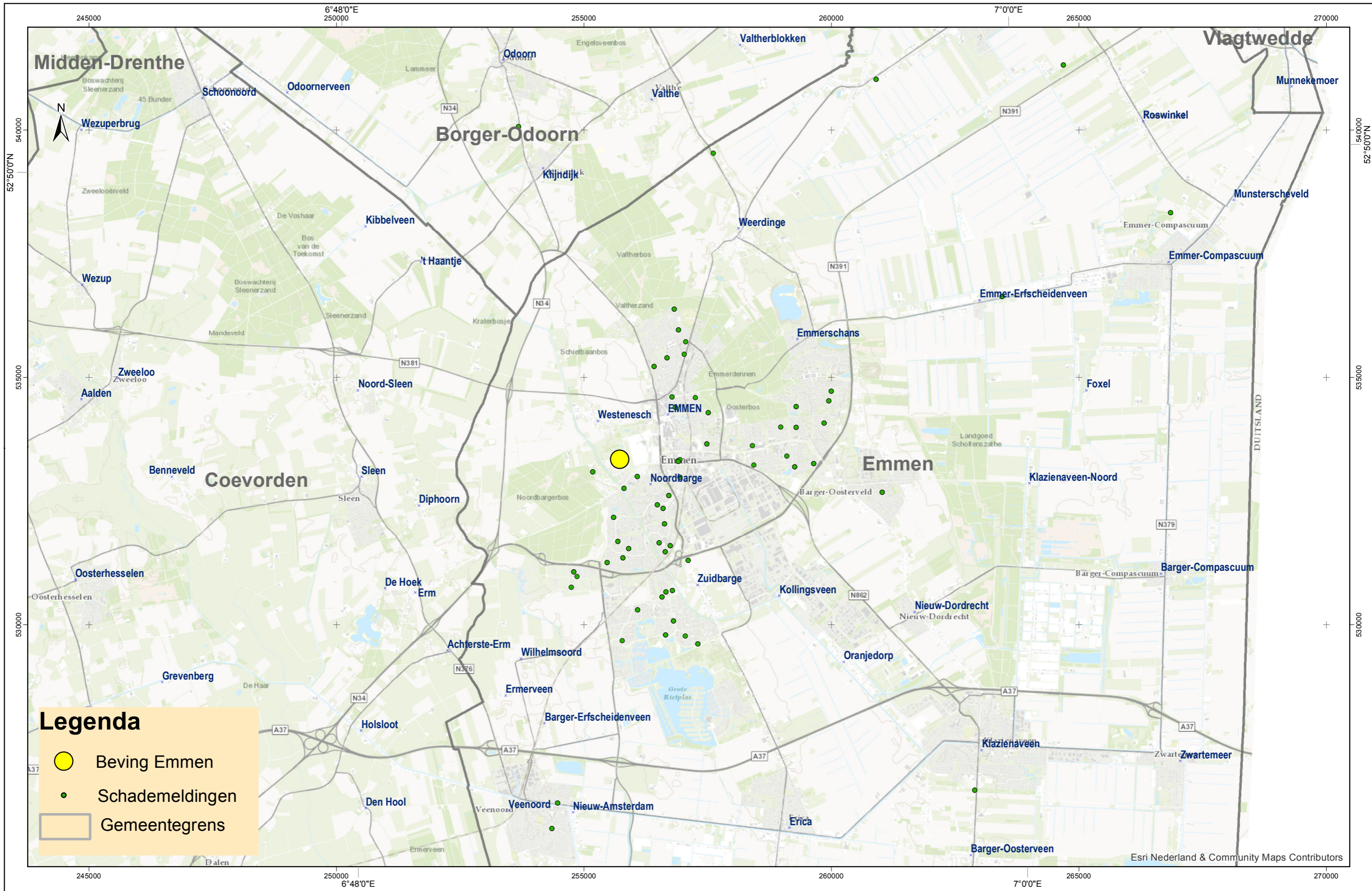


### Lithografische beschrijving van de ondiepe formaties in Emmen en omstreken

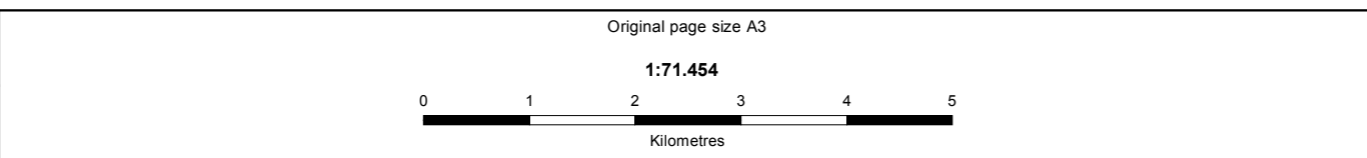
- HL:** Complexe eenheid, bestaande uit een afwisseling van zandige, kleiige en organogene afzettingen
- BX-DR:** Kleiige eenheid, overwegend bestaande uit klei, zandige klei en/of kleilig zand
- PE:** Zandige eenheid, overwegend bestaande uit zand (fijn tot en met grof zand), grind en/of schelpen
- UR:** Kleiige eenheid, overwegend bestaande uit klei, zandige klei en/of kleilig zand
- AP:** Kleiige eenheid, overwegend bestaande uit klei, zandige klei en/of kleilig zand
- PZWA:** Zandige eenheid, overwegend bestaande uit zand (fijn tot en met grof zand), grind en/of schelpen
- OO:** Zandige eenheid, overwegend bestaande uit zand (fijn tot en met grof zand), grind en/of schelpen
- BR:** Kleiige eenheid, overwegend bestaande uit klei, zandige klei en/of kleilig zand

Brongegevens: TNO Postbus 80015, 3508 TA Utrecht





Coördinaat Referentie Systeem:  
Rijksdriehoekstelsel



Nederlandse Aardolie  
Maatschappij B.V.

Goedgekeurd: Martijn Kleelaar  
Drawn by: Geomatics (NAM-PTU/E/G)

EMMEN

**Schademeldingen rondom beving Emmen**

**Document Security Level**  
Confidential

Date issued: 2015-10-16  
Doc. nr.: EP201510203259003

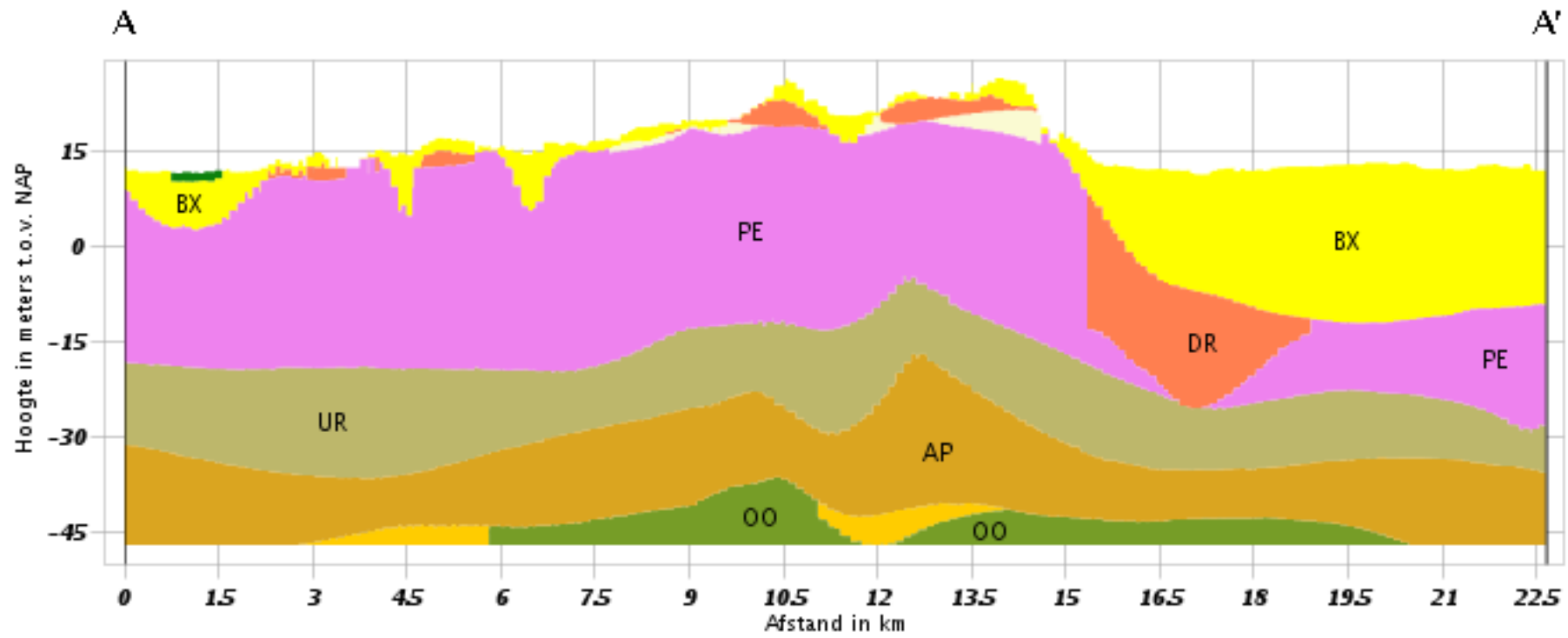


# B

BIJLAGE: DOORSNEDES ONDIEPE ONDERGROND (BRON: DINOLOKET)

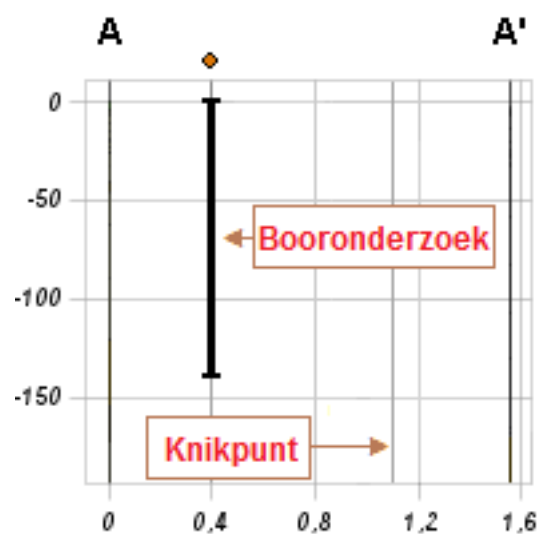
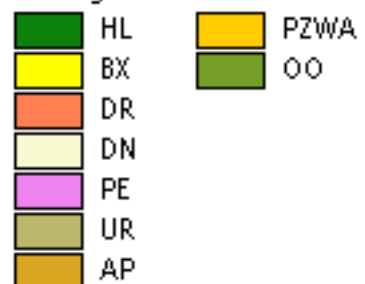
# Verticale Doorsnede DGM v2.2

Hoogte t.o.v. NAP: -47





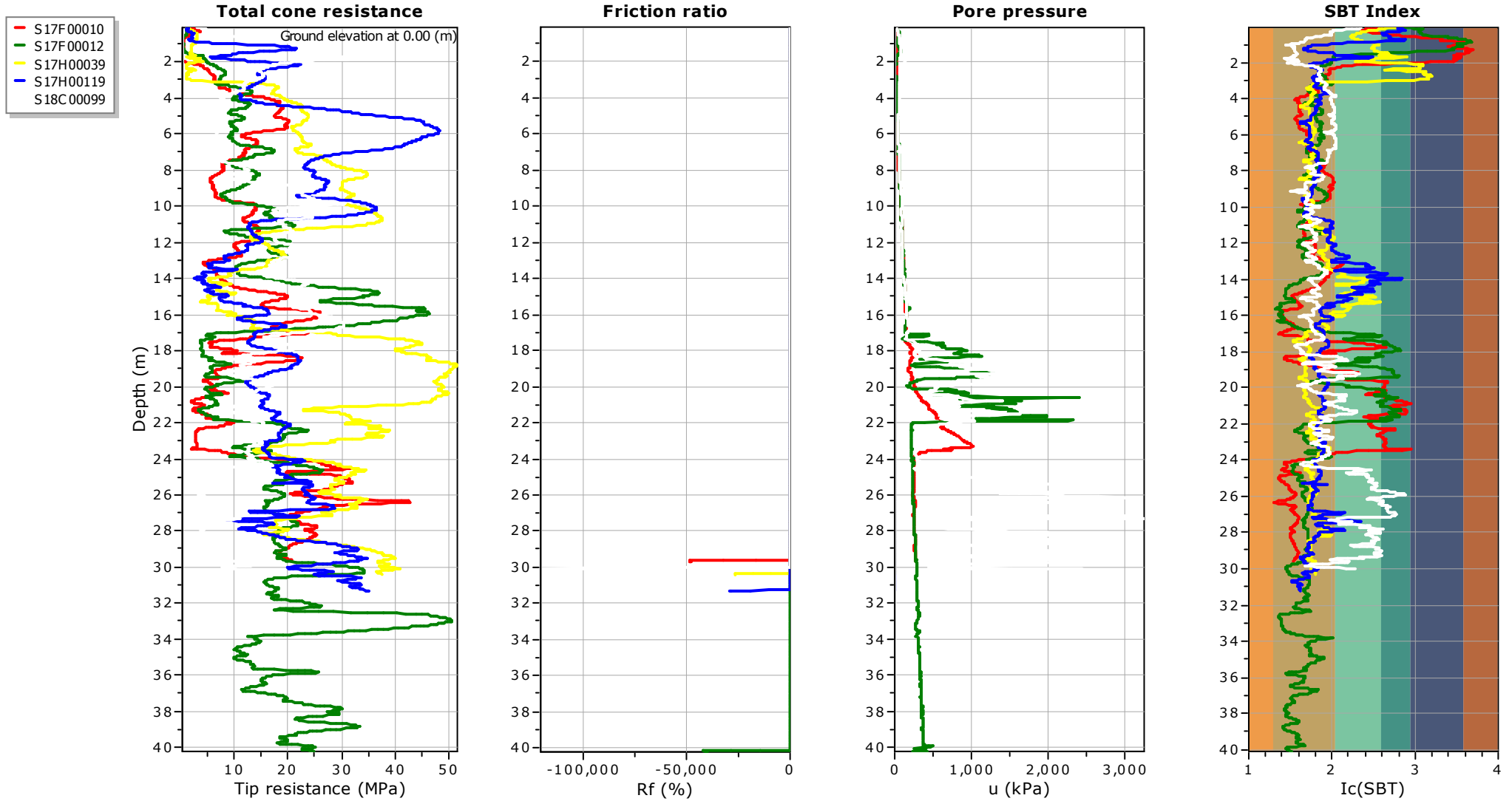
Geologische eenheid



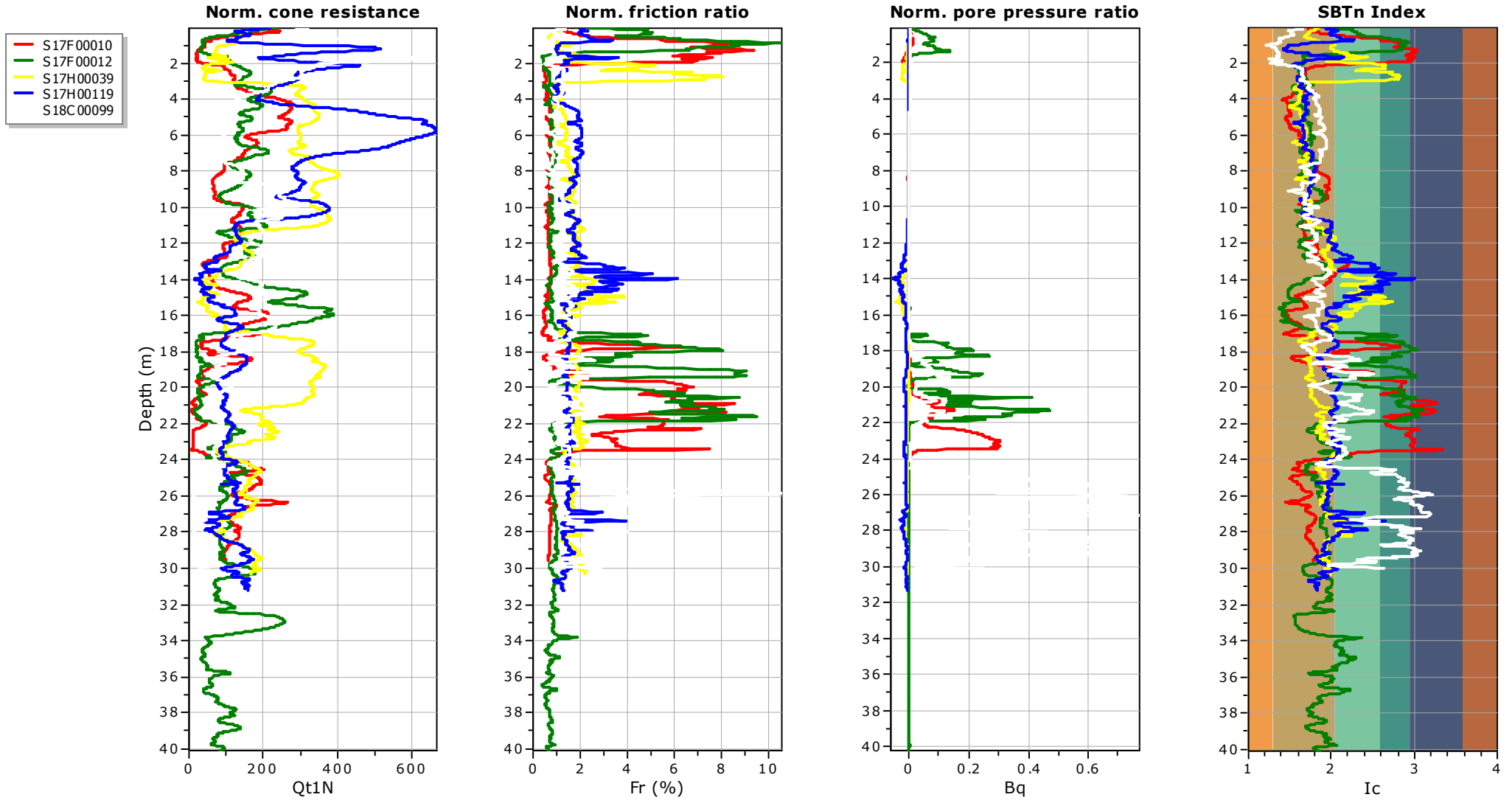
# C

## BIJLAGE: CPT INFORMATIE UIT HET EMMEN AARDBEVINGSGEBIED MET VS AFGELEID

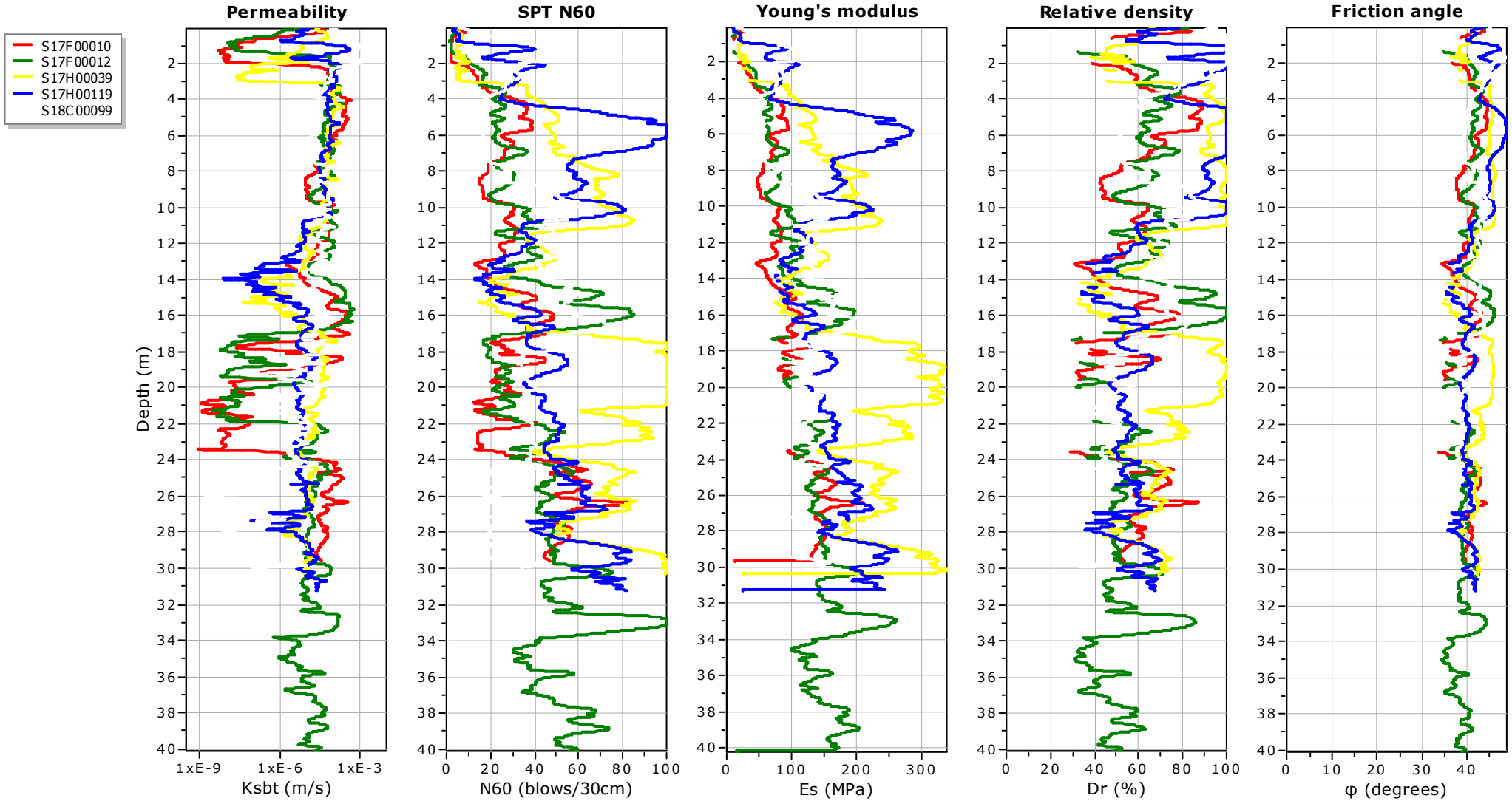
**Overlay basic interpretation plots**



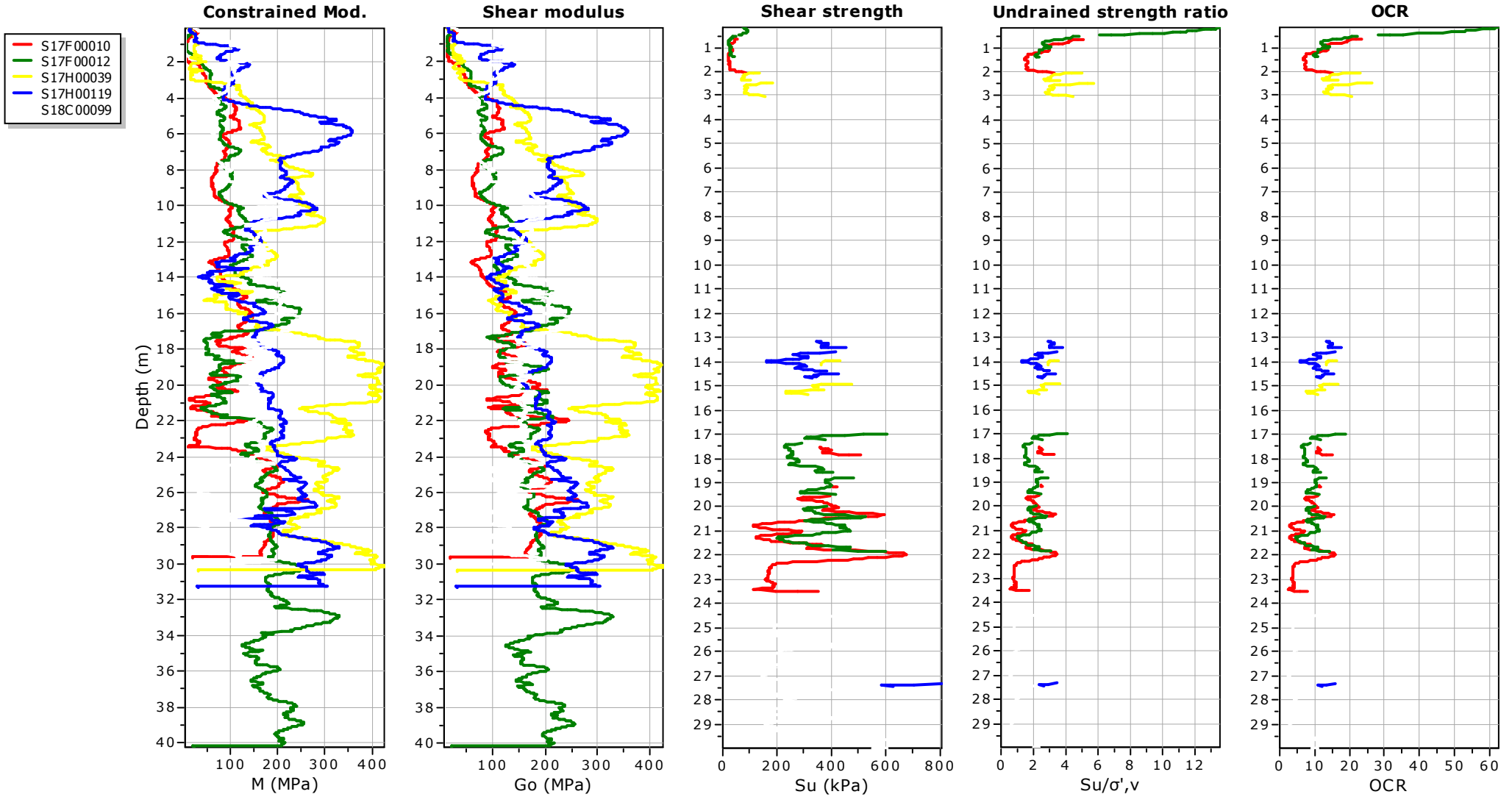
**Normalized basic plots**



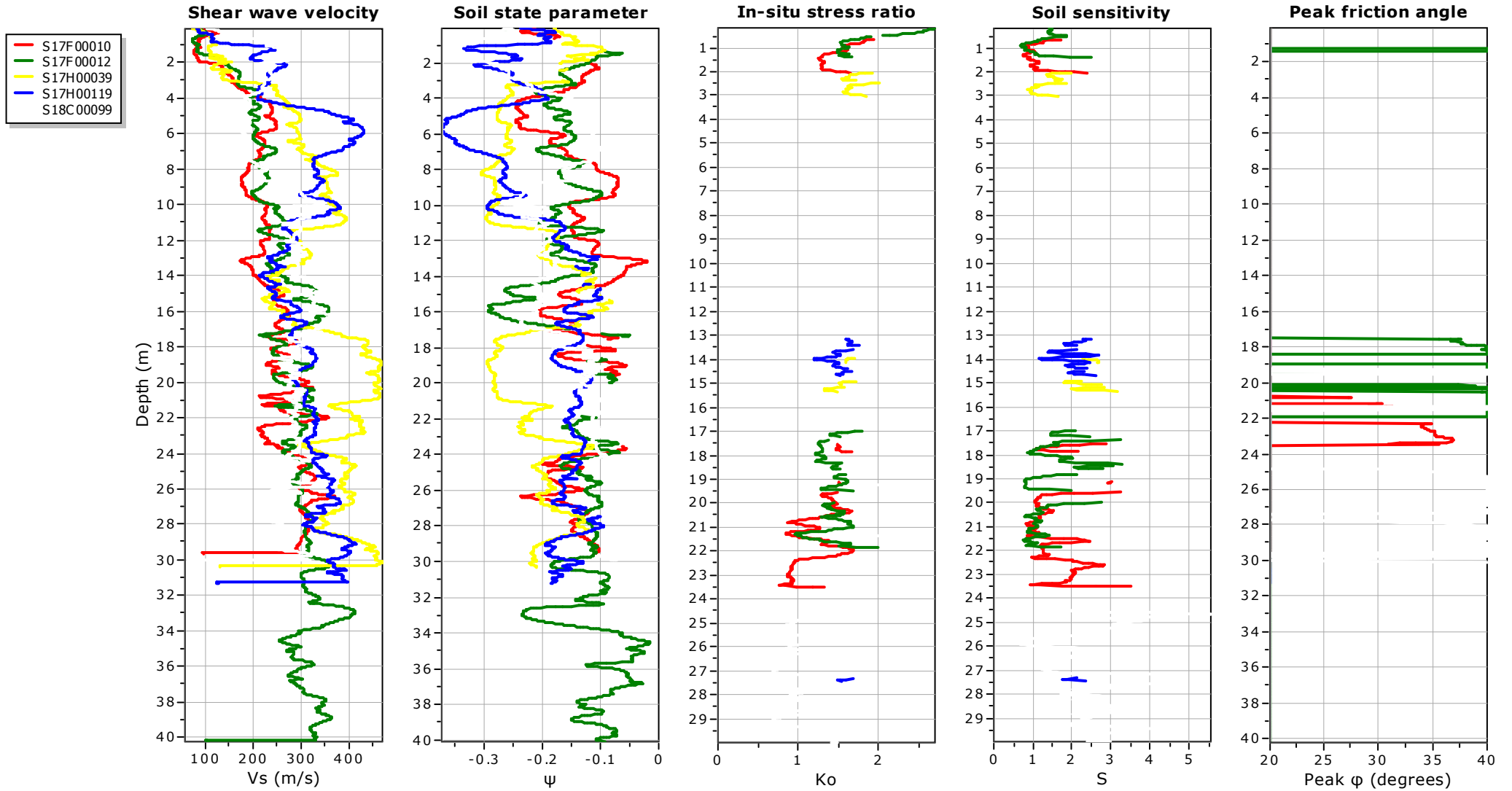
**Overlay estimation plots (1)**



Overlay estimation plots (2)



**Overlay estimation plots (3)**





CPT's from Dinoloket

Odoorn

Valthermond

Ter Apel

S17F00012

S17F00010

Emmer-Compascuum

Emmen

S17H00039

S17H00119

S18C00099



7 km

Google earth

Image © 2015 DigitalGlobe  
© 2015 Google  
Image © 2015 Aerodata International Surveys  
© 2009 GeoBasis-DE/BKG



# D

## BIJLAGE: GROND KLASSEN VOLGENS EUROCODE 8

Tabel IV.1 Grond klassen volgens Eurocode 8 [Lit. 7]

Ground type	Description of stratigraphic profile	Parameters		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (blows/30cm)	$c_u$ (kPa)
A	Rock or other rock-like geological formation, including at most 5 m of weaker material at the surface.	> 800	–	–
B	Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay, at least several tens of metres in thickness, characterised by a gradual increase of mechanical properties with depth.	360 – 800	> 50	> 250
C	Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of metres.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers), or of predominantly soft-to-firm cohesive soil.	< 180	< 15	< 70
E	A soil profile consisting of a surface alluvium layer with $v_s$ values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with $v_s > 800$ m/s.			
$S_1$	Deposits consisting, or containing a layer at least 10 m thick, of soft clays/silts with a high plasticity index ( $PI > 40$ ) and high water content	< 100 (indicative)	–	10 - 20
$S_2$	Deposits of liquefiable soils, of sensitive clays, or any other soil profile not included in types A – E or $S_1$			

# E

## BIJLAGE: NUMERIEKE UITKOMSTEN VAN DE PGV BEREKENING

Tabel 0.1 Numerieke uitkomsten van de PGV berekening. Bijbehorende curves zijn te vinden in afbeelding 6.1.

Afstand (km)	PGV ondergrens (mediaan - $2\sigma$ )	PGV mediaan [mm/s]	PGV bovengrens (mediaan + $2\sigma$ )
0.0	0.431	0.958	2.133
0.5	0.425	0.945	2.103
1.0	0.407	0.906	2.016
1.5	0.380	0.847	1.884
2.0	0.348	0.775	1.724
2.5	0.313	0.697	1.550
3.0	0.278	0.619	1.377
3.5	0.245	0.545	1.212
4.0	0.214	0.477	1.061
4.5	0.187	0.416	0.926
5.0	0.163	0.363	0.808
5.5	0.143	0.317	0.706
6.0	0.125	0.277	0.618
6.5	0.109	0.243	0.542
7.0	0.096	0.214	0.477
7.5	0.085	0.189	0.421
8.0	0.075	0.168	0.373
8.5	0.067	0.149	0.332
9.0	0.060	0.133	0.296
9.5	0.054	0.119	0.265
10.0	0.048	0.107	0.239



# VI



## BIJLAGE: VOORBEELD INSPECTIE RAPPORT



# Schadeonderzoek Emmen

Inspectierapport

Emmen

**Project** Schadeonderzoek Emmen  
**Document** Inspectierapport  
**Status** Definitief  
**Datum**   
**Referentie** 

**Opdrachtgever**  Emmen  
**Projectcode**   
**Projectleider**   
**Projectdirecteur** 

**Auteur(s)**   
**Gecontroleerd door**   
**Goedgekeurd door** 

**Adres** Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Van Twickelostraat 2  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
[www.witteveenbos.com](http://www.witteveenbos.com)  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

# Inhoudsopgave

## **1**

- 1.1 Inspectie
- 1.2 Leeswijzer

## **2 ALGEMENE VRAGEN INTERVIEW**

- 2.1 Algemeen
- 2.2 Vragen bij interview
- 2.3 Opnemen tijdens inspectie

## **3 2 ONDER 1 KAP-WONING**

- 3.1 Vragen bij interview
- 3.2 Opnemen tijdens inspectie

## **4 BUITEN ZIJGEVEL, HALVERWEGE GEVEL BEGANE GROND**

- 4.1 Vragen bij interview
- 4.2 Opnemen tijdens inspectie
- 4.3 Schadebeoordeling

## **5 WOONKAMER EN KEUKEN, TUSSENWAND, BOVEN DEUR**

- 5.1 Vragen bij interview
- 5.2 Opnemen tijdens inspectie
- 5.3 Schadebeoordeling

## **6 TRAPOPGANG BEGANE GROND-VERDIEPING, BOVENHOEK WAND-WANDAANSLUITING**

- 6.1 Vragen bij interview
- 6.2 Opnemen tijdens inspectie
- 6.3 Schadebeoordeling

## **7 SLAAPKAMER ACHTERZIJDE, BINNENZIJDE GEVEL, ONDERZIJDE**

- 7.1 Vragen bij interview
- 7.2 Opnemen tijdens inspectie
- 7.3 Schadebeoordeling

## **8 VERDIEPING, TUSSENWAND SLAAPKAMERS, AANSLUITING ZIJGEVEL**

- 8.1 Vragen bij interview
- 8.2 Opnemen tijdens inspectie
- 8.3 Schadebeoordeling

## **9 VERDIEPING, TUSSENWAND SLAAPKAMER-BADKAMER**

- 9.1 Vragen bij interview
- 9.2 Opnemen tijdens inspectie
- 9.3 Schadebeoordeling

## **10 VRIJSTAANDE (GEDEELDE) BERGING**

- 10.1 Vragen bij interview
- 10.2 Opnemen tijdens inspectie

## **11 BERGING, BOVEN DEUR IN ZIJGEVEL**

- 11.1 Vragen bij interview
- 11.2 Opnemen tijdens inspectie
- 11.3 Schadebeoordeling



# 1

U heeft bij de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) een melding gemaakt van schade aan uw woning, naar aanleiding van de aardbeving die op woensdag 30 september 2015 rond 23.30 uur plaatsvond in Emmen. De NAM compenseert bewoners die schade hebben geleden als gevolg van aardbevingen die verband houden met de gaswinning door NAM. Om te beoordelen of uw schade inderdaad het gevolg is van de aardbeving die door gaswinning is ontstaan, heeft NAM aan ingenieursbureau Witteveen+Bos gevraagd om de door u gemelde schade aan uw woning te onderzoeken.

Onlangs heeft een van onze inspecteurs de schade in uw woning opgenomen. In voorliggend inspectierapport treft u het resultaat van deze opname. De opgenomen schade dient nog door ons te worden beoordeeld en zal worden vastgelegd in een schaderapportage. U ontvangt e-mail bericht of brief zodra de schaderapportage beschikbaar is.

## Inspectie

---

De inspectie van de woning is door onze inspecteur

---

Uitgevoerd op

---

Tijdens de inspectie hebben wij gesproken met

# 2







## Algemene vragen interview

Onderstaande informatie is door onze inspecteur vastgelegd tijdens het interview.

### 2.1 Algemene informatie

Projectcode   
Datum schademelding   
Type woning 

### 2.2 Algemeen (adres)

naam gesprekspartner   
naam eigenaar van het gebouw   
bent u de bewoner, familie, bekende, weet niet   
is het pand gekocht, gehuurd of gepacht   
hoe lang (jaar) bewoont u dit pand   
bent u de eerste bewoner 

hoeveel losstaande panden staan er op de kavel 1  
zijn er de afgelopen jaren bouwactiviteiten nabij de woning uitgevoerd nee

opmerkingen bewoners 

Hoe staat de meest dragende muur georiënteerd t.o.v. het noorden (in graden 0-180) 90

### 2.3 Aardbeving

heeft een bewoner de aardbeving van september gemerkt nee

### 2.4 Typering omgeving

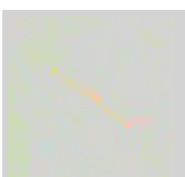
typering weg voor het adres wijkontsluiting,woonerf/woonwijk  
welk type wegdek bestrating



Dscn1106 Dscn1104 Dscn1114 Dscn1118 Dscn1119 Dscn1120



Dscn1111 Dscn1112 Luchtfoto Bodem Litho Topografie



Afstand epicentrum

# 3

## 2 onder 1 kap-woning

### 3.1 bijzonderheden gebouw

type gebouw	twee onder één kap
heeft u tekeningen van het pand	Ja
kunt u een schatting geven van het bouwjaar	
heeft u het pand zelf gebouwd of een aannemer	aannemer
hoe denkt u dat het pand gefundeerd is	staal
heeft het gebouw een toegankelijke kruipruimte	ja

	<b>aanwezig</b>	<b>bouwjaar</b>	<b>gebouwd door</b>	<b>later gebouwd</b>
balkon	Ja		aannemer	
kozijnen vervangen				Ja
anders				Ja

### 3.2 typering gebouw

#### 3.3 typering gebouw materialisering

Is de begane grondvloer vrijdragend	ja
welk latei principe is toegepast	rollaag,staal
Zijn er corroderende onderdelen in buitengevel zichtbaar	nee
mogelijke vorstschade buitengevel	nee
zijn er dilataties in buitenspouwblad opgenomen	nee
Dakbeschot	spaanplaat
maakt het gebouw onderdeel uit van een seriematige bouw	Ja

	<b>materialisering</b>
funderingsconstructie	metselwerk,beton
funderingsconstructie (wijze)	staal
opbouw constructie	gemetseld
begane grondvloer	beton
eerste verdiepingsvloer	beton
tweede verdiepingsvloer	beton

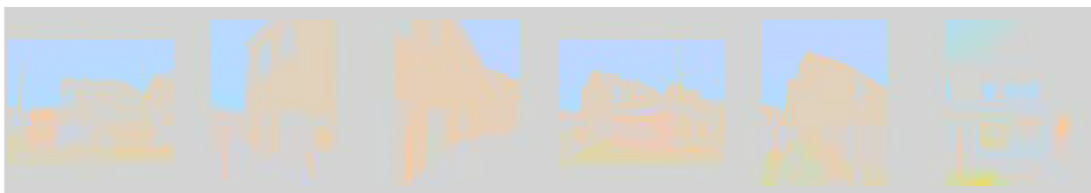
#### 3.4 typering gebouw overig

voorzieningen voor opnemen spatkracht	onbekend
---------------------------------------	----------

	<b>afwerking</b>	<b>bouwwijze</b>
woning scheidende wand/ bouwmuur	behang glasweefsel,stuuc,sputwerk	steen
gevels, algemeen		spouwmuur
buitenzijde gevel		baksteen
binnenzijde gevel	behang glasweefsel,stuuc,sputwerk	steen
scheidingswanden	behang glasweefsel,stuuc,sputwerk	steenachtig materiaal
dak	betonnen dakpan,dakleer	zadeldak,plat
dakconstructie	hout	gordingen

### 3.5 typering omgeving van het gebouw

staan er bomen rond of nabij het gebouw	Ja
zo ja, afstand dichtstbij staande boom (meter)	8
hemelwaterafvoer via	afwatering op riool
zijn er lekkages bij de hemelwaterafvoer/goot zichtbaar	nee



Dscn1106      Dscn1087      Dscn1088      Dscn1104      Dscn1102      Dscn1098



Dscn1099      Dscn1083      Dscn1084      Dscn1090      Dscn1089      Dscn1101



Plattegronden 01      Dscn1018      Dscn1019      Dscn1020      Dscn1022      Dscn1024



Dscn1030      Dscn1023      Dscn1025      Dscn1035      Dscn1036      Dscn1050



Dscn1049      Dscn1069      Dscn1072      Dscn1040      Dscn1041      Dscn1060



Dscn1051      Dscn1061      Dscn1062      Dscn1073      Dscn1074      Dscn1075



Dscn1076

Dscn1077

Dscn1078

Dscn1082

Dscn1080

# 4

## buiten zijgevel, halverwege gevel begane grond

### 4.1 Algemeen

was de schade voor de aardbeving ook al aanwezig                      nee

### 4.2 Positie schade

Is deze schade door de bewoners gemeld?                                      Ja

positie schade    buitenzijde gevel

Type vloer, wand, gevel (meerdere mogelijk)                                      steen

Bij schade buiten: inschatting hoogte vanaf maaiveld in meter (onderste punt vd schade)                                      0

Type schade (meerder opties mogelijk)    scheur

### 4.3 Type scheur (indien van toepassing)

hoe verloopt de scheur    verticaal

is de scheur getrapt?    niet getrapt

maximale scheurwijdte (in mm)    0.5

hoe verloopt de scheurwijdte    variabel

inschatting maximale lengte scheur (in mm)    2000

Hoe ver loopt de scheur door?    niet opneembaar



Dscn1102

Dscn1097

Dscn1091

Dscn1092

Dscn1093

Dscn1094



Dscn1095

Dscn1096







# 7

## slaapkamer achterzijde, binnenzijde gevel, onderzijde

### 7.1 Algemeen

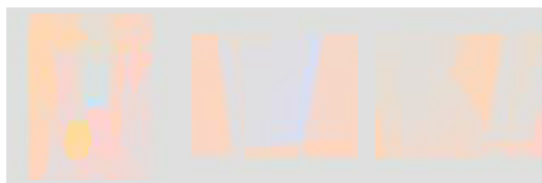
was de schade voor de aardbeving ook al aanwezig                      nee

### 7.2 Positie schade

Is deze schade door de bewoners gemeld?                      Ja  
positie schade                      binnenzijde gevel  
Type vloer, wand, gevel (meerdere mogelijk)                      steen  
Type afwerking (meerdere mogelijk)                      stuuc  
Bij schade binnen: Op welke verdieping zit de schade?                      1e  
Type schade (meerder opties mogelijk)                      scheur

### 7.3 Type scheur (indien van toepassing)

hoe verloopt de scheur                      horizontaal  
is de scheur getrapt?                      niet getrapt  
maximale scheurwijdte (in mm)                      0.3  
hoe verloopt de scheurwijdte                      redelijk constant  
inschatting maximale lengte scheur (in mm)                      1000  
Hoe ver loopt de scheur door?                      niet opneembaar



Dscn1069

Dscn1070

Dscn1071

# 8

## verdieping, tussenwand slaapkamers, aansluiting zijgevel

### 8.1 Algemeen

was de schade voor de aardbeving ook al aanwezig                      nee

### 8.2 Positie schade

Is deze schade door de bewoners gemeld?                      Ja  
positie schade                      binnenwand,aansluiting wand-wand  
Type vloer, wand, gevel (meerdere mogelijk)                      steen  
Type afwerking (meerdere mogelijk)                      stuuc  
Bij schade binnen: Op welke verdieping zit de schade?                      1e  
Type schade (meerder opties mogelijk)                      scheur

### 8.3 Type scheur (indien van toepassing)

hoe verloopt de scheur                      verticaal  
is de scheur getrapt?                      niet getrapt  
maximale scheurwijdte (in mm)                      0.4  
hoe verloopt de scheurwijdte                      scheur neemt toe naar 1 richting  
inschatting maximale lengte scheur (in mm)                      2000  
Hoe ver loopt de scheur door?                      niet opneembaar



Dscn1041      Dscn1042      Dscn1043      Dscn1044      Dscn1045      Dscn1046



Dscn1047      Dscn1051      Dscn1052      Dscn1053      Dscn1054      Dscn1055



Dscn1056      Dscn1057      Dscn1058      Dscn1059



# 10

## vrijstaande (gedeelde) berging

### 10.1 bijzonderheden gebouw

type gebouw	schuur
heeft u tekeningen van het pand	Ja
kunt u een schatting geven van het bouwjaar	<input type="text"/>
heeft u het pand zelf gebouwd of een aannemer	aannemer
hoe denkt u dat het pand gefundeerd is	staal
heeft het gebouw een toegankelijke kruipruimte	nee

### 10.2 typering gebouw

#### 10.3 typering gebouw materialisering

Is de begane grondvloer vrijdragend	nee
welk latei principe is toegepast	rollaag
Zijn er corroderende onderdelen in buitengevel zichtbaar	nee
mogelijke vorstschade buitengevel	nee
zijn er dilataties in buitenspouwblad opgenomen	nee
Dakbeschot	spaanplaat
maakt het gebouw onderdeel uit van een seriematige bouw	Ja

	<b>materialisering</b>
funderingsconstructie	metselwerk,beton
funderingsconstructie (wijze)	staal
opbouw constructie	gemetseld
begane grondvloer	beton

#### 10.4 typering gebouw overig

	<b>bouwwijze</b>	<b>afwerking</b>
gevels, algemeen	massief	
buitenzijde gevel	baksteen	
woning scheidende wand/ bouwmuur	steen	
binnenzijde gevel	steen	hout
dak	zadeldak,plat	betonnen dakpan,dakleer
dakconstructie	gordingen	hout

#### 10.5 typering omgeving van het gebouw

loopt er een weg binnen 3 meter langs het gebouw	Ja
zo ja, welk type weg	woonerf/woonwijk
zo ja, welk type wegdek	bestrating
staan er bomen rond of nabij het gebouw	Ja
zo ja, afstand dichtstbij staande boom (meter)	1,5
hemelwaterafvoer via	afwatering op riool
zijn er lekkages bij de hemelwaterafvoer/goot zichtbaar	nee



Dscn1106

Dscn1105

Dscn1108

Plattegronden 01

Dscn1110



