



opgesteld door ir. R.H.G. Roijackers RO
project Exemplarische Gebouwen Gemeente Groningen
opdrachtgever Gemeente Groningen
datum 7 december 2015
onderwerp Oplegger onderzoeksrapporten Exemplarische Gebouwen

Geachte lezer,

Bij het uitvoeren van de onderzoeken en het maken van de rapporten voor de exemplarische gebouwen is steeds gebruik gemaakt van de meest recente informatie en gegevens. Afgelopen jaar heeft reeds veel onderzoek naar seismiciteit door gaswinning plaatsgevonden en dit onderzoek is nog steeds in volle gang.

De belangrijkste richtlijnen die we bij het onderzoek hebben gebruikt betreffen de groene versie van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR 9998) *“Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen”* met daarin de KNMI contourenkaart van 2014.

Inmiddels is er veel nieuwe informatie verschenen, al dan niet gevalideerd. Dit betreft bijvoorbeeld de KNMI-kaart van oktober 2015, het advies van de Commissie Meijdam en het NAM-onderzoek van november 2015. Daarnaast is ook het niveau van gaswinning nog voortdurend onderwerp van discussie.

Dit maakt dat de voorliggende studie slechts een momentopname betreft. Met de kennis van dit moment is de seismische weerbaarheid indicatief in beeld gebracht.

De komende jaren zal de kennis over geïnduceerde aardbevingen, over de opgewekte grondversnellingen, over de opslingering van de ondergrond en over de weerbaarheid van gebouwen in hoge mate toenemen. Dit betekent dat in de (nabije) toekomst een bijgestelde analyse tot andere conclusies en aanbevelingen kan leiden.

Ir. R.H.G. Roijackers
ABT|Wassenaar Seismisch Advies

Haren, 07-12-2015

Seismische scan
Cultuurhistorische boerderij Ten Boer

1 september 2015



seismisch advies



Seismische scan cultuurhistorische boerderij Ten Boer

Project: **Seismische scan Exemplarische gebouwen**

Betreft: Boerderij, Wolddijk 7 Ten Boer gemeente Groningen

Datum: 1 september 2015

Code: 13663-006-J

Opdrachtgever: Gemeente Groningen



Contactpersoon: ir. E. van Deelen

Opgesteld door: ing. J. Wolters (constructief/bouwkundig)
ir. G. Voorhoeve (constructief/bouwkundig)

Eindverantwoording: ABT Wassenaar Seismisch Advies BV
Rummerinkhof 6 Haren
Postbus 24 9750 AA Haren

Contactpersoon: ir. R. Roijackers

Geautoriseerd: ir. R. Roijackers / ir. R. de Jong

datum	versie	autorisatie constructief		autorisatie bouwkundig	
27-02-2015	concept	ir. R. Roijackers		ir. F. Hofmans	
01-09-2015	definitief	ir. R. Roijackers		ir. F. Hofmans	



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1.	Vraagstelling / Doelstelling	5
1.2.	Achtergrond	5
1.3.	Aanpak	5
2.	Inventarisatie	7
2.1.	Algemeen	7
2.2.	Constructieve elementen	9
2.3.	Niet-constructieve elementen	11
3.	Analyse en oplossingsrichtingen	12
3.1.	Toetsingskader	12
3.2.	Uitgangspunten en randvoorwaarden	12
3.3.	Analyse seismisch gedrag	16
3.4.	Analyse constructieve elementen	18
3.5.	Analyse niet constructieve elementen	22
4.	Conclusies en aanbevelingen	24
4.1.	Conclusies	24
4.2.	Aanbevelingen	26
4.3.	Nader te onderzoeken	26
Bijlagen		27
Bijlage 1	Checklist constructieve en niet-constructieve elementen	27
Bijlage 2	Constructieve berekening	33
Bijlage 3	Tekeningen	61
Bijlage 4	Foto's	67
Bijlage 5	Aardbevingen, achtergrondinformatie en begrippen	89

1. Inleiding

1.1. Vraagstelling / Doelstelling

De Gemeente Groningen heeft adviesbureau ABT|Wassenaar Seismisch Advies BV gevraagd onderzoek te doen naar de kwetsbaarheden van een aantal geselecteerde gebouwen onder invloed van aardbevingen. Een van deze gebouwen betreft de cultuurhistorische boerderij aan de Wolddijk 7 in Ten Boer waarvan de rapportage voor u ligt.

Doel van het onderzoek is om op een snelle en efficiënte manier inzicht te krijgen in de weerbaarheid van het gebouw tegen seismische invloeden, zonder dat hiervoor complexe en tijdrovende rekenmodellen en analyses worden toegepast. Onderzocht wordt hiertoe in welke mate verschillende gebouwonderdelen voldoen aan gestelde richtlijnen ten aanzien van seismische invloeden. Tevens worden indicatieve oplossingsrichtingen aangedragen voor gebouwonderdelen die niet lijken te voldoen aan de huidige richtlijn. Hiermee wordt een inzicht gegeven in de impact die het zou hebben om de weerbaarheid van het gebouw te vergroten.

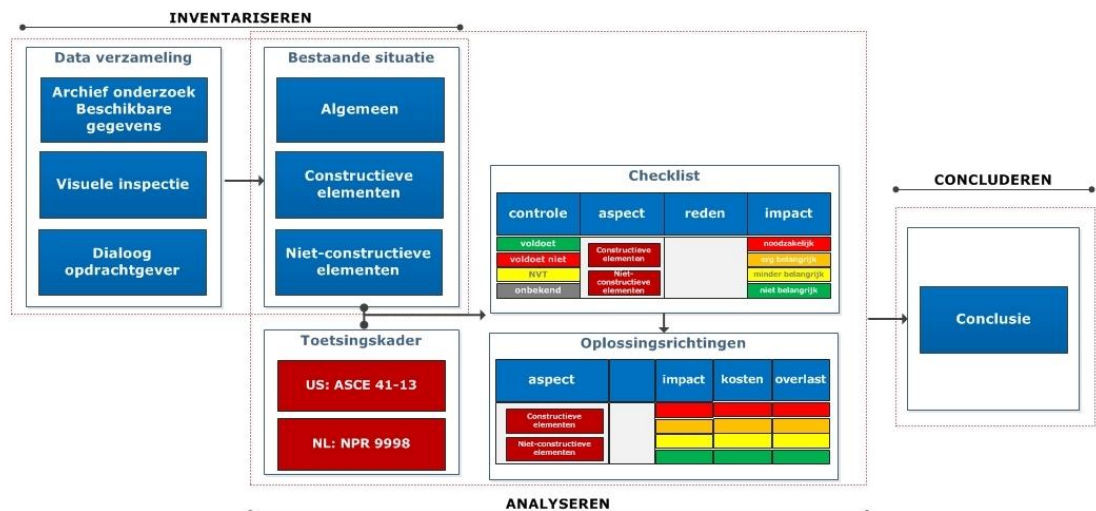
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de laatste kennis betreffende de seismische activiteit in de regio. Voortschrijdend inzicht in de verwachte aardbevingen en grondversnellingen, gekoppeld aan de voorziene gasproductie, kan in de (nabije) toekomst tot andere conclusies en aanbevelingen leiden.

1.2. Achtergrond

De vraagstelling komt voort uit de seismische activiteit in de regio Groningen als gevolg van gaswinning uit de bodem. Voor meer informatie over aardbevingen wordt verwezen naar bijlage 5.

1.3. Aanpak

De uitgevoerde scan bevat drie stappen: inventariseren, analyseren en concluderen. In figuur 1.1 zijn de stappen in samenhang weergegeven.



Figuur 1.1: Relatie van ontwerpstappen

Hieronder wordt per stap aangegeven welke activiteiten zijn uitgevoerd:

Inventariseren

Het inventariseren bestaat uit:

- het verzamelen van beschikbare bouwkundige en constructieve tekeningen;
- het bestuderen van deze stukken op mogelijke aandachtspunten voor de gebouwinspectie;
- een gebouwinspectie ter plaatse, waarbij wordt gecontroleerd of het gebouw niet is gewijzigd ten opzichte van de tekeningen. Eventuele wijzigingen worden gedocumenteerd;
- het vastleggen van de technische staat van het gebouw.

Analyseren

Bij het analyseren:

- worden het toetsingskader en de uitgangspunten bepaald;
- worden de geïnventariseerde gegevens gespiegeld aan het toetsingskader. Dit gebeurt met behulp van een checklist gebaseerd op de Amerikaanse ASCE 41-13 "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings". Er wordt kwalitatief beoordeeld of verschillende gebouwaspecten in overeenstemming zijn met deze richtlijn;
- wordt een dynamische berekening gemaakt voor het bepalen van de respons van de constructie op een aardbeving, zoals die op de locatie van het gebouw zou kunnen optreden. Uitgangspunt voor deze berekeningen is de in conceptvorm uitgegeven "NPR 9998, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen";
- worden, waar nodig voor het invullen van de checklist, eenvoudige constructieve berekeningen gemaakt. Deze berekeningen worden als bijlage bijgevoegd;
- worden indicatieve oplossingsrichtingen aangedragen voor gebouwonderdelen die niet lijken te voldoen aan de huidige richtlijnen;
- worden aanvullende adviezen gegeven voor sommige checklistaspecten die wel voldoen aan de richtlijnen, maar die met eenvoudige ingrepen verder kunnen worden verbeterd

Concluderen

In de conclusie wordt een globale inschatting gegeven van de seismische weerbaarheid van het beschouwde gebouw. Aansluitend wordt een samenvatting gegeven van aangedragen oplossingsrichtingen, waarmee de weerbaarheid kan worden verhoogd. Tevens wordt hierbij een indicatie gegeven van de relatieve kosten en overlast die verwacht kunnen worden bij het uitvoeren van de ingrepen.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het opgeven van de aangedragen oplossingsrichtingen met name bedoeld is om inzichtelijk te maken hoe ingrijpend het uitvoeren van maatregelen voor het verhogen van de weerbaarheid van het gebouw kan zijn. Het definitief vaststellen van oplossingen is enkel mogelijk na het uitvoeren van diepgaander onderzoek en het doen van aanvullende berekeningen.

De conclusies in dit rapport zijn gebonden aan de uitgangspunten zoals die in paragraaf 3.1 zijn vastgelegd. Voortschrijdend inzicht in de seismische activiteit of in de weerbaarheid van gebouwen kan op termijn herziening van de conclusies vereisen. Het onderzoek naar aardbevingen in Groningen heeft in het afgelopen jaar al tot vele nieuwe inzichten geleid en het is de verwachting dat ook de komende jaren de kennis zich verder zal ontwikkelen.

2. Inventarisatie

2.1. Algemeen

2.1.1. Beschikbare gebouwdocumenten

De volgende beschikbare documenten zijn gebruikt:

1. Tekeningen:

tekeningnr.	Datum	Status	Omschrijving
- niet vermeld			Ontwerp van een dubbele landbouwschuur

Geconstateerd wordt dat er in het gemeente archief geen constructieve overzichten en andere gegevens (meer) beschikbaar zijn. Dit heeft grote impact op de zekerheid voor de in dit rapport weergegeven beschouwingen. De resultaten en conclusies dienen dus met de nodige terughoudendheid te worden beschouwd.

2.1.2. Beschrijving van het gebouw

De plattegrond van de boerderij bestaat uit een rechthoekige hoofdschuur met aan de voorzijde een woongedeelte dat bestaat uit een woonhuis met een lager verbindingsdeel naar de schuur.

Het voorhuis bestaat uit twee verschillende dakvormen. Aan de voorkant een tweelaags deel met een schilddak met op de nokeinden een schoorsteen. Daarachter een éénlaags deel voorzien van een afgeplat zadeldak met een iets lager gelegen nok evenwijdig aan die van de hoofdschuur.

De hoofdschuur heeft lage zijgevels en een hoge voor- en achtergevel en is voorzien van een dubbel schilddak met daartussen een vlak deel.



Figuur 2.1: Voorgevel woonhuis en schuur.

Historie van de boerderij

- Bouwjaar onbekend, maar oorspronkelijke bouw is waarschijnlijk van het einde van de 18^e eeuw.
- De schuur is herbouwd in 1938 (gezien een aanduiding in de achtergevel en het met zwart aangegeven metselwerk op de bouwkundige tekening van de plattegrond, bijlage 3).
- De gehele boerderij is op staal gefundeerd.
- De hoofdafmetingen van het gebouw, zijn vastgelegd op de plattegronden en in de gevelaanzichten bijgevoegd in de bijlagen.
- Het bruto vloeroppervlak bedraagt:

- Schuur:	995	m ²
- tussenbouw:	75	m ²
- begane grond voorhuis:	85	m ²
- 1 ^e verdieping voorhuis:	85	m ²
	Totaal ca.	1240 m ²

2.1.3.

Geldigheid van de beschikbare stukken

Tijdens de visuele inspectie ter plaatse op 2 december 2014 is geconstateerd dat het gebouw overeenkomt met de situatie zoals deze op tekening is weergegeven.

2.1.4.

Algemene conditie

De bouwkundige en constructieve staat van het gebouw is beoordeeld op verschillende onderdelen:

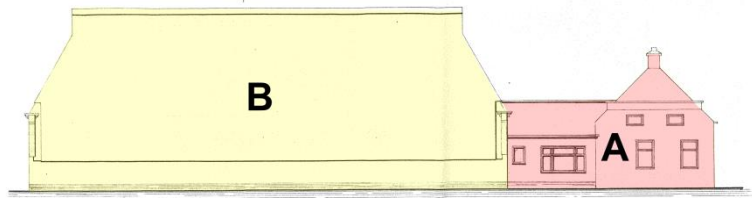
- Aantasting van de materialen en/of de interne verbindingen:
Er is geen aantasting geconstateerd van de constructieve elementen.
- Scheurvorming:
Er is op hoeken en in lange gevels scheurvorming geconstateerd (foto 34 en 36).
- Verplaatsingen:
De hoeken van het gebouw zijn deels wat verzakt (foto 34 en 35).
- Uitgevoerde herstelwerkzaamheden:
Er zijn enkele herstelwerkzaamheden geconstateerd in het gevelmetselwerk (foto 34 en 36).

Enkele kenmerkende onderdelen van het gebouw zijn op foto vastgelegd, zie bijlage 4 van dit rapport.

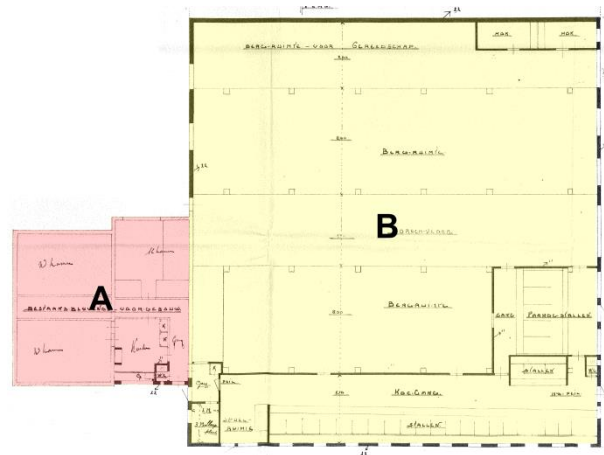
2.2. Constructieve elementen

2.2.1. Algemeen

De boerderij kan constructief in twee bouwdelen met verschillende constructieve principes worden verdeeld. Het woonhuis, bouwdeel A, bestaat deels uit twee bouwlagen. De schuur, bouwdeel B, bestaat voornamelijk uit één bouwlaag (zie figuur 2.3 en 2.4).



Figuur 2.3: Gevelaanzicht bouwdeel A en B.



Figuur 2.4: Plattegrond bouwdeel A en B.

2.2.2. Bouwdeel A

Hoofddraagconstructie

In bouwdeel A wordt de vloerbelasting voornamelijk door middel van dragend metselwerk afgedragen naar de kelders en de fundering op staal. Het gevelmetselwerk is evenals de dwarswand evenwijdig aan de voorgevel uitgevoerd in steens metselwerk met een dikte van 250 mm. De gangwanden (foto 17) zijn uitgevoerd in halfsteens metselwerk van 110 mm.

Vloerconstructie

De 1^e verdiepingsvloer bestaat uit een houten balklaag met beplanking en aan de onderzijde voorzien van een houten plafond (foto 11 en 17). De begane grondvloer bestaat deels uit hout (foto 12) en deels uit een steenachtige vloer (foto 20).

Dakconstructie

Het dak bestaat uit een houtconstructie met beplanking en dakpannen (foto 1).

Fundering

Onder bouwdeel A bevindt zich deels een op staal gefundeerde kelder (foto 13 en 14) en een fundering op staal.

Dilataties

In het bouwdeel bevinden zich geen dilataties.

Stabiliteit

De stabiliteit van bouwdeel A wordt verzorgd door de samenwerking van de houten vloeren met de metselwerk wanden.

2.2.3.

Bouwdeel B

Hoofddraagconstructie

In bouwdeel B wordt de dakbelasting middels een houtconstructie (foto 26) en 220 c.q. 330 mm dikke steens buitenwanden (foto 27) afgedragen naar de fundering op staal. Verder bevinden zich in pandig nog wat houten vloeren boven de koegang en de paardenschuur (foto 23-25) die gedragen worden door metselwerkwallen en stalen kolommetjes.

Vloerconstructie

De verdiepingsvloer boven de koegang en de paardenschuur bestaat uit een houten balklaag met beplanking (foto 23).

Dakconstructie

Het dak bestaat uit een houtconstructie met sporen en een rieten dakbedekking met langs de onderrand van het dak dakpannen. De rieten bedekking is afgedekt met golfplaat (foto 3,5 en 6).

Dilataties

In het bouwdeel bevinden zich geen dilataties. Bouwdeel B staat aan één zijde deels naast een later gebouwde schuur (foto 4). De vrije tussenruimte bedraagt circa 600 mm. Op goothoogte is de kopgevel uitgemetseld en voorzien van een goot waardoor deze tussenruimte bijna geheel wordt overbrugd.

Stabiliteit

De stabiliteit van bouwdeel B wordt verzorgd door de houten spantconstructies en aan de gevel door de metselwerk gevelschijven.

2.3. *Niet-constructieve elementen*

2.3.1. *Gebouwschil*

Buitenwanden

De gebouwschil van bouwdeel A bestaat uit steens metselwerk. Horizontale en verticale dilataties in het metselwerk zijn niet aanwezig. Boven de raamopeningen bevinden zich rollagen in de oudere wanddelen. In de nieuwere wanddelen zijn geen rollagen opgenomen (foto 1, 2, 9 en 10).

Alle kozijnen zijn van hout en voorzien van enkel glas.

De gebouwschil van bouwdeel B bestaat uit steens en 1,5 steens metselwerk. Horizontale en verticale dilataties in het metselwerk zijn niet aanwezig. Boven de raamopeningen bevinden zich betonlateien (foto 4-8).

Alle kozijnen zijn van staal en voorzien van enkel glas.

2.3.2. *Toegangen*

In geen van de bouwdelen bevindt zich een trap met meer dan 3 optreden (foto 19 en 20). De verdieping is middels houten ladders in de schuur te bereiken.

2.3.3. *Inbouw*

Binnenwanden

De binnenwanden van bouwdeel A zijn aan weerszijde van de gang vloerdragend en uitgevoerd in halfsteens metselwerk (zie ook hoofdstuk 2.2.2). Tussen de keuken en de voorkamer (opkamer) is een steens wand aanwezig. De overige scheidingswanden zijn uitgevoerd in timmerwerk (foto 16 en 18).

De binnenwanden van bouwdeel B zijn vloer-dragend (tussenvloer) en uitgevoerd in halfsteens metselwerk (zie hoofdstuk 2.2.3).

Plafonds

De gehele beneden verdieping van bouwdeel A is voorzien van houten plafonds (foto 11, 15-17).

In bouwdeel B bevinden zich geen plafonds.

2.3.4. *Installaties*

Verlichting

Verlichting wordt gerealiseerd door diverse soorten armaturen gemonteerd aan plafonds en wanden.

E- en W-installaties

In de keuken is een boiler gemonteerd boven het aanrecht (foto 22). De verwarming wordt gerealiseerd met losse elektrische verwarmingselementen.

3. Analyse en oplossingsrichtingen

3.1. Toetsingskader

De documenten zoals genoemd in tabel 1 vormen het toetsingskader, op basis waarvan het gebouw wordt getoetst op aardbevingsbestendigheid.

Titel document	Afkorting
Bouwbesluit 2012	BB
NPR 9998:2015 d.d. februari 2015, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen	NPR 9998 ¹
Memo ten behoeve van de minister van economische zaken, NNI, Voorlopige ontwerpuitgangspunten voor nieuwbouw en verbouw onder aardbevingsbelasting ten gevolge van de gaswinning in het Groningerveld d.d. 15 mei 2014	VU-NEN
NEN EN 1998-1, (Eurocode 8) Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen	NEN-EN 1998-1
NEN EN 1998-3, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 3: Beoordeling en vernieuwing van gebouwen	NEN-EN 1998-3
NEN EN 1998-5, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten	NEN-EN 1998-5
ASCE 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings	ASCE

Tabel 1: Toetsingskader

3.2. Uitgangspunten en randvoorwaarden

3.2.1. Gebouw-specifieke uitgangspunten

De gebouw-specifieke uitgangspunten die benodigd zijn voor het vaststellen van de randvoorwaarden voor de scan worden benoemd in tabel 2.

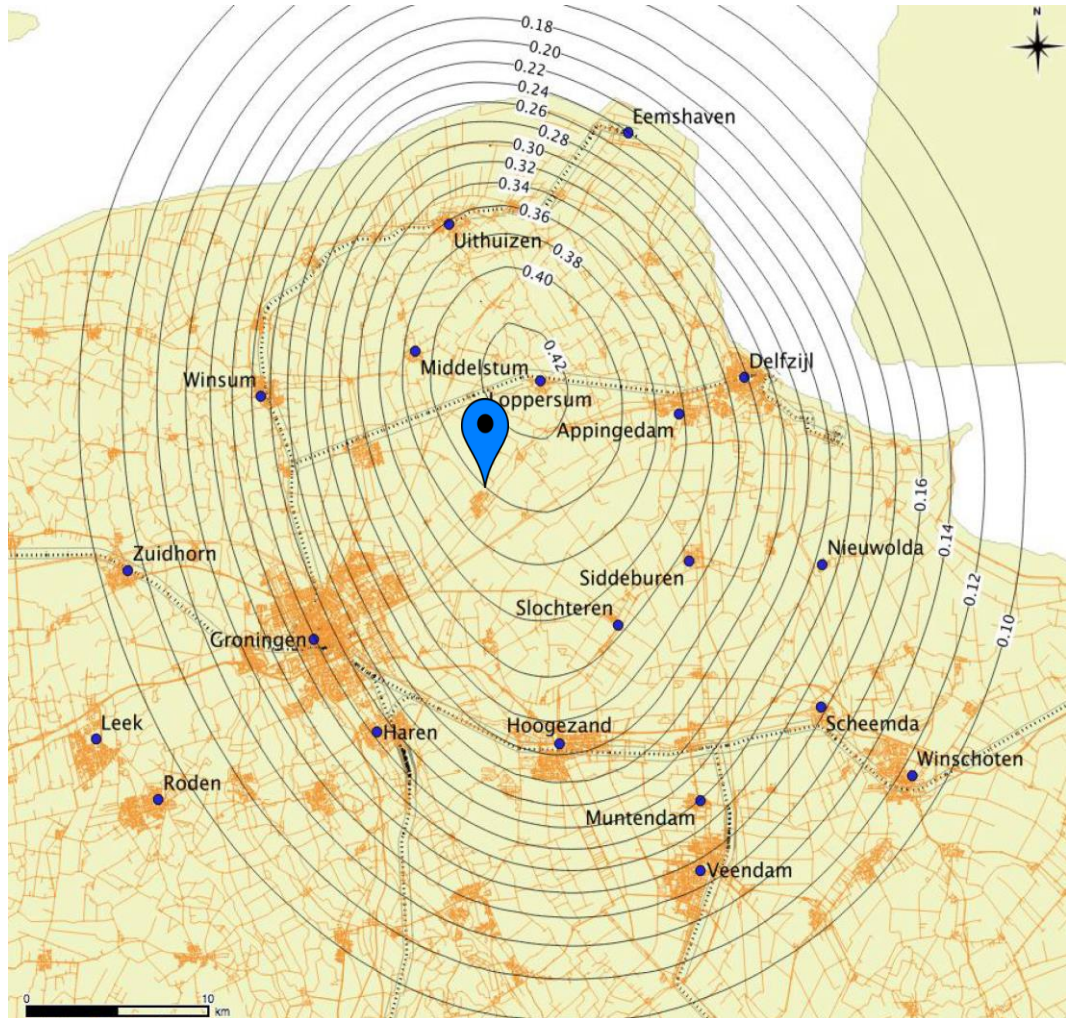
Uitgangspunt	Invoer	Bron
Piekgrondversnelling $a_{a,ref}$	0,41 g	NPR 9998 (3.2.1)
Gevolklasse (Consequence Class)	CC1B	NEN-EN 1990 (2.3)
Belangklasse (Importance Class)	II	NEN-EN 1998-1 (4.2.5)

Tabel 2: Uitgangspunten seismische scan

¹ De NPR 9998 is in februari 2015 uitgegeven als commentaar versie. De definitieve versie van de NPR wordt pas verwacht in het najaar van 2015

Piekgrondversnelling²

De piekgrondversnelling met een standaard-herhalingsstijd van 475 jaar ($a_{g,ref}$) wordt voor de locatie van het gebouw vastgesteld aan de hand van figuur 3.1.



Figuur 3.1: Contourplot van de piekgrondversnellingen $a_{g,ref}$ met een herhalingsstijd van 475 jaar (NPR d.d. februari 2015)

Gevolgklasse

Gevolgklasse CC1B is aangehouden, zoals geldt voor eengezinswoningen.

Belangklasse

Belangklasse II is gehanteerd voor dit gebouw.

² Op dit moment wordt er onderzoek uitgevoerd naar de p_{ga} -waarden in het aardbevingsgebied. Mogelijk wordt onderstaande kaart binnenkort herwerkt met aangepaste contouren. Mocht dat het geval zijn, dan kan het noodzakelijk zijn dat de conclusies en aanbevelingen hierop worden aangepast.

3.2.2.

Grenstoestanden

In de analyse wordt gekeken naar twee grenstoestanden; de "Near Collapse" en de "Damage Limitation" grenstoestand. Beide grenstoestanden beschrijven een specifieke aardbevings situatie waar het gebouw en de constructie aan getoetst moeten worden. Onderstaande teksten geven een nadere toelichting.

Toets van de constructieve elementen:

Bij de "Near Collapse" grenstoestand wordt getoetst of bij een extreme beving de structuur nog *nét* blijft staan, zodat veilig uit het gebouw gevlucht kan worden. De grenstoestand "Near Collapse" staat beschreven in de NPR. De berekening kan worden gemaakt met de in de NPR gegeven "belangrijksheidsfactoren". De ASCE kent niet de benaming "Near Collapse", maar voor de controle met de ASCE checklisten kan het vergelijkbare toetsniveau "Lifesafety" worden gebruikt, behorend bij de beschouwde extreme aardbeving.

Toets van de bouwkundige elementen:

Bij de "Damage Limitation" grenstoestand wordt nagegaan of de structuur onbeschadigd blijft bij een lichtere aardbeving die een hogere kans op plaatsvinden heeft. De bouwkundige elementen mogen hierbij wel enige schade ondervinden. De grenstoestand "Damage Limitation" staat niet voldoende beschreven in de NPR. De bij deze grenstoestand behorende "belangrijksheidsfactor" stond eerder wel in de "VU-NEN", maar deze is niet in de NPR terug gekomen. Vandaar dat we voor deze toetsing terug verwijzen naar de oudere "VU-NEN". De ASCE kent niet de benaming "Damage Limitation", maar voor de controle met de ASCE checklisten kan het vergelijkbare toetsniveau "Lifesafety" worden gebruikt, behorend bij de beschouwde lichtere aardbeving.

Nadere uitleg over de verschillende grenstoestanden wordt gegeven in bijlage 5.

		Grenstoestand	Waarde
Constructieve toets			
Berekening	NPR 9998	Near Collapse	
Herhalingstijd			1500 jaar
Piekgrondversnelling $a_{g,d}$			0,49 g
Checklist	ASCE	Life Safety	
Seismisch niveau			high
Bouwkundige toets			
Berekening	VU-NEN	Damage Limitation	
Herhalingstijd			100 jaar
Piekgrondversnelling $a_{g,d}$			0,21 g
Checklist	ASCE	Life Safety	
Seismisch niveau			high

Tabel 3: Gekozen toetsingsniveaus binnen de grenstoestanden

3.2.3.

Relevante ASCE checklists

Op basis van het beschreven randvoorwaarden en gebouwstructuur, een constructie met dragende metselwerk wanden en stijve vloerschijven, zijn de onderstaande ASCE checklists gebruikt. De checklist voor niet-constructieve elementen is opgedeeld in de onderdelen 'gebouwschil', 'inbouw', 'toegangen' en 'installaties'.

Checklist omschrijving	Aanduiding
Constructieve elementen	
Basic checklist	16.1
Life safety basic configuration checklist	16.1.2 LS
Life safety structural checklist for building types W2: 'Wood frames, commercial and industrial'	16.3 LS
Life safety structural checklist for building types URM: 'Unreinforced masonry bearing walls with stiff/flexible diaphragms'	16.16 LS
Niet-constructieve elementen	
Nonstructural checklist	16.17

Tabel 4: Relevante ASCE checklists voor toetsing van constructieve elementen

3.3. Analyse seismisch gedrag

Voor de toetsing van verschillende gebouwonderdelen is een beschrijving van het dynamische gedrag van de constructie vereist. Tevens dient hierbij te worden bepaald wat de respons van de constructie is op een aardbeving, zoals die op de locatie van het gebouw zou kunnen optreden.

Er zijn meerdere wijzen van berekenen mogelijk. Variërend van het berekenen van eenvoudige één massa-veer systemen tot volledige 3d-modellen in geavanceerde software.

Voor deze seismische scan hebben we twee eenvoudige rekenmethodes gebruikt om de weerbaarheid van de constructie te toetsen:

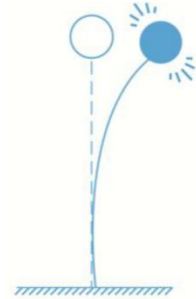
- Zijdelingse Belasting Methode met een eenvoudige benadering van de trillingstijd conform de NPR 9998
- Spectrale Modale Responsieberekening met een exacte berekening van de trillingstijden, gebaseerd op aannames naar de stijfheden van de constructie.

Onderstaand wordt de belangrijkste in- en uitvoer van de modellen beschreven. De berekening is opgenomen in bijlage 2.

3.3.1. Zijdelingse Belasting Methode

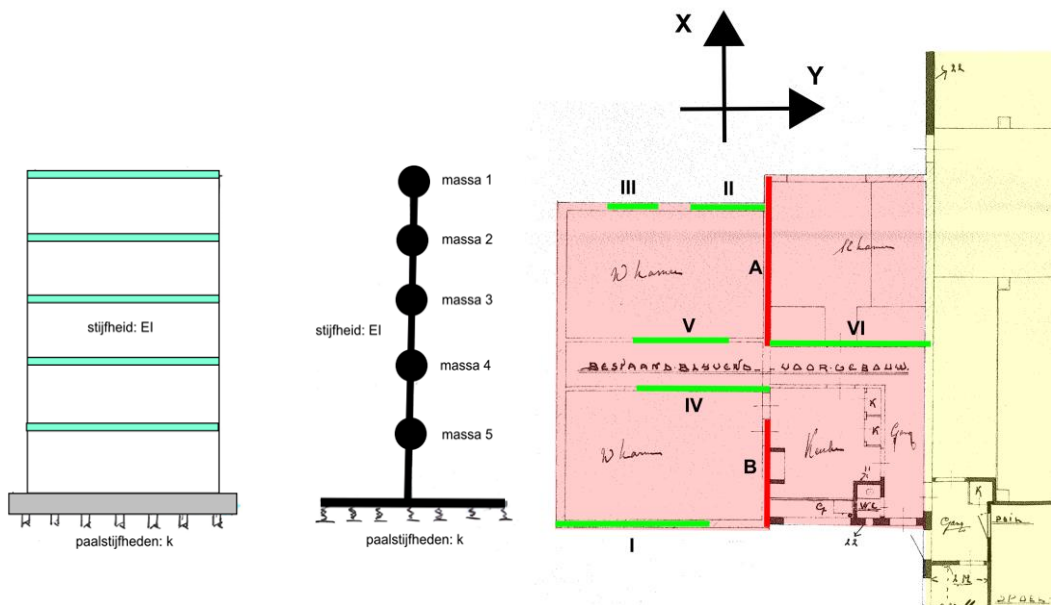
Bij de Zijdelingse Belasting Methode wordt enkel gekeken naar de eerste eigenfrequentie van de structuur. Deze wordt geschat met eenvoudige formules uit de NPR. De schatting houdt geen rekening met specifieke stijfheden van onderdelen van de structuur, maar met generieke eigenschappen van het betreffende type gebouw. De uitkomst is vaak conservatief, maar is minder gevoelig voor exacte invoer van stijfheden van de structuur.

In sommige gevallen (met name als de 1^e eigenfrequentie een geringe respons geeft) kan deze methode echter tot te gunstige resultaten leiden.



3.3.2. Spectrale Modale Responsie Berekening

Voor de toetsing van verschillende gebouwonderdelen is een beschrijving van het dynamische gedrag van de constructie vereist. Tevens dient hierbij te worden bepaald wat de respons van de constructie is op een model-aardbeving, zoals die op de locatie van het gebouw zou kunnen optreden. Onderstaand wordt de belangrijkste in- en uitvoer van de modellen beschreven. De berekening is opgenomen in bijlage 2.



Figuur 3.2: Gebouw schematisering en stabiliteitssystemen in twee hoofdrichtingen

De massa's van de bouwlagen worden bepaald aan de hand van een eenvoudige gewichtsberekening, welke is opgenomen in bijlage 2. Voor de bepaling van de stijfheid van de rotatieveer is een inschatting gemaakt van de fundering. Voor bouwdeel A zijn de stabiliteitselementen die zijn meegenomen voor de bepaling van de buigstijfheid zijn aangegeven in figuur 3.2.

In tegenstelling tot de berekening volgens de Zijdelingse Belasting Methode worden specifieke stijfheden van individuele constructie elementen nu wel meegenomen. Maar de berekening is voor de meeste gebouwen nog steeds een eenvoudige benadering. Vooral als een gebouw torsiegevoelig is of als het gebouw niet regelmatig over de hoogte is zijn er nauwkeurigere rekenmethodes die het gedrag beter beschrijven. Deze vergen echter meer tijd, maar ook meer exacte kennis over de berekende structuur.

3.3.3.

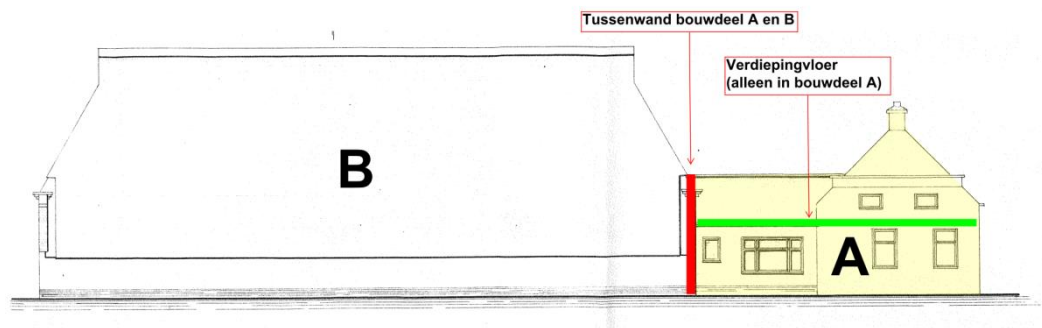
Uitvoer model

De meest belangrijke uitvoer van de analyse is de maximaal optredende horizontale seismische belasting. Deze belasting grijpt aan in de massazwaartepunten van de verdiepingsvloeren, en dient via het stabiliteitssysteem te worden overgebracht naar de fundering. In de constructieve toetsing wordt beoordeeld of verschillende elementen in het stabiliteitssysteem voldoende capaciteit hebben om deze belasting af te dragen.

Horizontale belasting op funderingsniveau	Optredende belastingen		Capaciteit van de wanden / kolom
	Zijdelingse Belasting Methode	Spectrale Modale Responsie Berekening	
Bouwdeel A: x-richting	1090 kN	1320 kN	253 kN
Bouwdeel A: y-richting	1210 kN	1380 kN	394 kN
Bouwdeel B: beide richtingen	880 kN	510 kN	590 kN

Tabel 5: Uitvoer horizontale belasting op funderingsniveau

Bouwdeel A en bouwdeel B zijn aan elkaar verbonden. Doordat er geen doorgaande vloerschijven aanwezig zijn (figuur 3.3), zullen beide bouwdelen afzonderlijk van elkaar reageren. Daarbij dient wel in ogenschouw genomen te worden dat dit consequenties heeft voor de tussenwand tussen bouwdeel A en B.



Figuur 3.3: Aansluiting bouwdeel A aan bouwdeel B.

3.4. *Analyse constructieve elementen*

Met de geïnventariseerde gegevens en vastgestelde randvoorwaarden kan het gebouw worden gespiegeld aan het toetsingskader, zijnde de ASCE checklists en de voorlopige versie van de NPR 9998, zoals genoemd in tabel 4. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit de constructieve analyse toegelicht, waarbij direct een oplossingsrichting wordt aangedragen voor elementen die naar alle waarschijnlijkheid niet voldoen aan de gestelde richtlijnen. De volledige analyse is bijgevoegd in bijlage 1.

3.4.1. *Funderingsconstructie*

Voor de beoordeling van de capaciteit van de fundering bij aardbevingsbelasting is de kans op liquefactie, het verweken van de bodem, een belangrijk aspect. Voor de totale fundering geldt dat losgepakte zandhoudende grondlagen de kans verhogen op het verweken van de grond tijdens een aardbeving.

Op dit moment is het lastig het risico op verweking goed te bepalen. En dat om meerdere redenen:

- Voor een goede inschatting van het verwekingsrisico is detail informatie nodig van de ondergrond. Hiervoor zijn ten minste elektrische sonderingen noodzakelijk met registratie van de lokale wrijving. Deze zijn niet van het betreffende gebouw voorhanden. Bij voorkeur worden deze sondeergegevens aangevuld met grondboringen en zeefkrommes, waarin ook het aandeel van fijne fracties (hoeveelheid fijne deeltjes in de grond) wordt bepaald.
- Ook is detailinformatie noodzakelijk van de fundering. Hierbij moet gedacht worden aan paaltypes, paalafmetingen, paaldieptes etc.

Het onderzoek naar verweking in Groningen is volop bezig, maar de nu voorgestelde rekenmethodieken leveren nog niet voldoende betrouwbare resultaten op. De stuurgroep NPR zegt in de impact assessment op de NPR het volgende: "*Ondergrond: Het gedrag van de ondergrond en bovengrond onder invloed van aardbevingen dient onderzocht te worden. Het gevaar van liquefaction (vloeiing) van zandlagen, die de stabiliteit van funderingen van gebouwen en infrastructuur bedreigt, is een voorbeeld van een te onderzoeken fenomeen. De in de NPR aangegeven werkwijze leidt in de praktijk tot onwerkbaar conclusies.*";

Oplossingsrichting

Het effect dat liquefactie op de fundering heeft dient nader onderzocht te worden. Dit kan na gereedkomen van aanvullend geotechnisch onderzoek en nadat de normgeving op dit gebied verder is geëvolueerd.

3.4.2. Bouwdeel A

3.4.2.1. Vloerconstructie verdieping

De stabiliteit van de constructie bij aardbeving is mede afhankelijk van de schijfwerking uit de vloeren. De verdiepingsvloer bestaat uit een houten balklaag waarvan niet bekend is in hoeverre deze enige schijfwerking bezit.

Oplossingsrichting

De verdiepingsvloer dient nader onderzocht te worden en een mogelijke oplossingsrichting bestaat uit het aanbrengen van een tweelaagse multiplex vloer op de bestaande balklaag.

3.4.2.2. Dragend metselwerk / stabiliteit

De horizontale seismische belasting, als gegeven in tabel 5, moet via het dragende metselwerk worden afgedragen naar de fundering. Uit de verkennende toetsing van hierbij optredende afschuifspanningen blijkt echter dat er onvoldoende capaciteit is voor de afdracht van de lasten in beide hoofdrichtingen. De resultaten van de toetsing zijn opgenomen in onderstaande tabel.

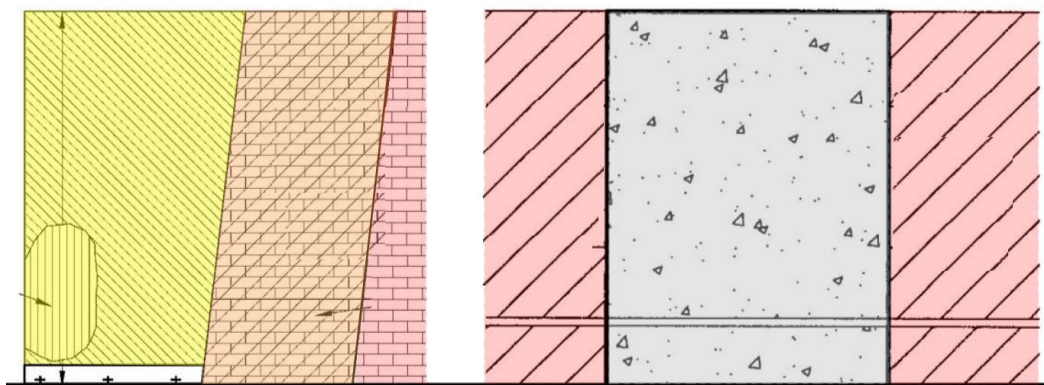
Schuifspanning [N/mm ²]	Optredende spanningen		Capaciteit van de wanden
	Zijdelingse Belasting Methode	Spectrale Modale Responsie Berekening	
x-richting	0,55	0,67	0,10
y-richting	0,54	0,62	0,10

Tabel 6: Toetsing van stabiliteitssysteem op afschuiving

In beide hoofdrichtingen volgt een overschrijding van de gestelde eis voor de afschuifkracht in het vlak van de wanden. Mogelijk kunnen deze resultaten verbeterd worden door een verfijndere rekenmethodiek.

Oplossingsrichting

Een aantal wanden trekt door hun hoge stijfheid veel seismische last aan. Deze wanden kunnen versterkt worden met vezelversterkt spuitbeton of een structurele versterking met CFRP lamellen en doek (figuur 3.4). Verder dient de aansluiting met, en de (gemetselde) fundering zelf mogelijk versterkt te worden. Dit kan met behulp van een nieuwe betonnen aanstort aan de bestaande fundering. Deze oplossing dient nog wel in later stadium te worden geverifieerd.



Bestaande metselwerk wand versterken op basis van CFRP (carbon fibre reinforced polymer) lamellen.

Bestaande metselwerk wand versterken op basis van een vezelversterkte overlay van spuitbeton.

Figuur 3.4: Versterking op basis van CFRP lamellen of met vezelversterkt spuitbeton.

De metselwerkwallen zijn niet uit het vlak gesteund.

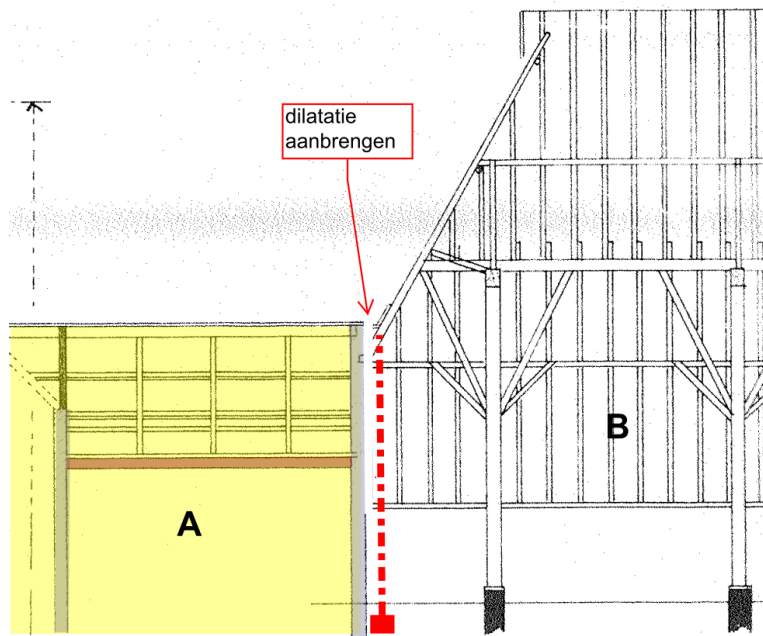
Oplossingsrichting

De wanden dienen verder aan de bovenzijde uit het vlak gesteund te worden aan de vloerschijf (balklaag met beplanking) ter voorkoming van omvallen bij een aardbeving.

De tussenwand tussen bouwdeel A en B wordt door een seismische last op ongelijke hoogte uit het vlak belast.

Oplossingsrichting

De wand kan gedilateerd worden van bouwdeel B. Daartoe moet een aanvullende ondersteuning met fundering aan de zijde van bouwdeel B aangebracht worden (figuur 3.5). De breedte van deze dilataties moet minimaal circa 40 mm (NC) bedragen om "aanstoten" te voorkomen. Dit is $0,7 \cdot \sqrt{(36^2 + 36^2)}$ volgens de vervormingsberekening (zoals weergegeven in de in bijlage 2 gepresenteerde berekening) en NEN EN 1998-1: Artikel 4.4.2.7.



Figuur 3.5: Dilatie ter plaatse van aansluiting bouwdeel A en B.

Torsie

De torsiestijfheid van het bouwdeel lijkt ontoereikend. In beide hoofdrichtingen van de plattegrond ligt stijfheidscentrum van de metselwerkwallen excentrische ten opzichte van het massazwaartepunt. Dit zal gecompenseerd kunnen worden door de in de berekening niet meegenomen overige wanddelen.

Oplossingsrichting

Een nauwkeuriger berekening is noodzakelijk.

3.4.3. *Bouwdeel B*

Buigspanning [N/mm ²]	Optredende spanningen		Capaciteit van de kolom
	Zijdelingse Belasting Methode	Spectrale Modale Responsie Berekening	
x-richting	22,1	12,8	15,2
y-richting	22,1	12,8	15,2

Tabel 7: Toetsing van stabiliteitssysteem op buiging

De stabiliteit van bouwdeel B wordt verzorgd door de houten spantconstructies. Uit een globale controle aan de hand van de spectrale modale response berekening volgt dat de spanten in staat zijn de te verwachten horizontale aardbevingsbelasting op te kunnen nemen. Overigens kunnen deze resultaten mogelijk verbeterd worden door een verfijndere rekenmethodiek.

Wel is het onduidelijk hoe de horizontale bevestiging van de kolommen aan de funderingspoeren is geregeld. Ook is niet bekend of de verbindingen in de spanten in staat zijn de krachten ten gevolge van een aardbeving over te kunnen overdragen.

Torsie

De torsiestijfheid van het bouwdeel lijkt ontoereikend. De krachtsarm van de ingeklemde kolommen ten opzichte van de afmetingen van het bouwdeel is beperkt. Deze combinatie maakt dit bouwdeel gevoelig voor torsie.

Oplossingsrichting

Een nauwkeuriger berekening is noodzakelijk. Indien blijkt dat torsie een te grote invloed heeft kan gekozen worden voor het toevoegen van stabiliteitsvoorzieningen in de gevelzones.

 3.4.4. *Vrije ruimte naar belending*

De vrije ruimte naar de naastgelegen schuur dient een minimale tussenruimte van circa 51 mm (NC) te bezitten om "aanstoten" te voorkomen. Dit is $\sqrt{(36^2+36^2)}$ volgens de vervormingsberekening (zoals weergegeven in de in bijlage 2 gepresenteerde berekening) en NEN EN 1998-1: Artikel 4.4.2.7. Deze tussenruimte is groot genoeg, alleen aan de bovenzijde bevindt zich een goot (foto 4). Hierdoor zal bij een aardbevingsverplaatsing acceptabele schade kunnen optreden.

3.5. Analyse niet constructieve elementen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit de analyse voor niet-constructieve elementen toegelicht, waarbij een oplossingsrichting wordt aangedragen voor elementen die naar alle waarschijnlijkheid niet voldoen aan de gestelde richtlijnen. De volledige analyse is bijgevoegd in bijlage 1.

Maximale vervorming	Damage Limitation
Bouwdeel A: Per verdieping	9,5 mm
Bouwdeel A: Over totale gebouwhoogte	9,5 mm
Bouwdeel B: Per verdieping	18,2 mm
Bouwdeel B: Over totale gebouwhoogte	18,2 mm

Tabel 8, vervormingen in the Damage Limitation grenstoestand

3.5.1. Gebouwschil

Buitenwandopeningen

De buitenwandopeningen bestaan uit buitenkozijnen waarin isolatieglas is opgenomen. Dit glas is niet gelaagd of gehard. Indien het glasoppervlak groter is dan 1,6 m² dan stelt de richtlijn dat hier veiligheidsglas dient te zijn toegepast en dienen voorzieningen aanwezig te zijn om te voorkomen dat glas uit de sponning valt.

Oplossingsrichting

De kozijnen van de keuken en de huiskamer (Noord- en Zuidwestgevel op foto 2 en 10) hebben een glasoppervlak dat groter is dan 1,6 m². De kozijnen zouden van gelaagd glas kunnen worden voorzien en er kunnen voorzieningen aangebracht worden om te voorkomen dat glas uit de sponning valt.

Metselwerk buitenwanden

De metselwerk buitenwanden van bouwdeel B zijn aan de bovenzijde uit het vlak gesteund aan de houtconstructie.

3.5.2. Inbouw

Metselwerk binnenwanden

De gemetselde scheidingswanden zijn naar verwachting onvoldoende verankerd tegen omvallen. Door mogelijke scheurvorming in de wand zal de samenhang verloren gaan. Uitval van delen van de wand kan persoonlijk letsel veroorzaken.

Oplossingsrichting

De metselwerk binnenwanden zouden los gehouden kunnen worden van de constructie. Bovendien zouden de binnenwanden aan de boven- en onderzijde in dwarsrichting gesteund kunnen worden tegen omvallen. Nader onderzoek kan worden uitgevoerd naar de kwetsbaarheid uit het vlak van de wand bij horizontale seismische belasting.

Inrichting

Losse inventaris zoals magazijnrekken of andere valgevoelige zwaardere (10 kg) apparatuur met een zwaartepunt boven de 1,2 m dienen te worden verankerd aan de draagconstructie. Feitelijk is het treffen van voorzieningen volgens de richtlijn niet noodzakelijk.

Oplossingsrichting

Het is wenselijk kasten te verankeren aan de achterliggende constructie.

3.5.3.

Installaties

E- & W- installaties

Installatie elementen, elektrotechnisch en werktuigbouwkundig, met een gewicht >40 kg dienen geschoord te worden.

Met de gehanteerde uitgangspunten is geen eis gesteld aan de uitvoering van E- en W-installaties. Het verdient echter aanbeveling valgevoelige zwaardere (>10 kg) apparatuur met een zwaartepunt boven 1,2 m te verankeren aan de draagconstructie.

Schoorsteen

Op het dak van bouwdeel A bevindt zich een schoorsteen. Deze kan bij een mogelijke aardbeving bezwijken en naar beneden vallen. Aan één van de schoorstenen is tevens een antenne bevestigd (foto 38 en 40).

Oplossingsrichting

De schoorsteen kan bovendaks geschoord worden of worden voorzien van een inwendige steunconstructie. Een alternatief bestaat uit het bovendaks verwijderen van het metselwerk en vervangen door een relatief lichtere opbouw bestaande uit een (met steenstrips) bekleed frame.

De antenne kan het best verwijderd worden.

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1. *Conclusies*

Onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de in hoofdstuk 3 gegeven analyses. De conclusies kunnen in twee groepen worden onderverdeeld:

- Conclusies naar aanleiding van de constructieve berekening
- Conclusies naar aanleiding van de constructieve en bouwkundige checklists in de ASCE

De conclusies uit de checklists geven inzicht in de sterke en zwakke kanten van de aardbevingsbestendigheid van het gebouw. Het zijn kwalitatieve toetsen.

De berekening is daarentegen een kwantitatieve toets, die het gedrag in een getal probeert te vangen.

Met nadruk wijzen we erop dat deze kwantitatieve toets gebaseerd is op eenvoudige rekenwijzen, bedoeld voor een snelle, eerste controle. De berekening is geenszins bedoeld om een eindoordeel te vellen over de mate waarin de constructie voldoet aan de genoemde richtlijnen. Daarvoor zijn nader en meer gedetailleerd onderzoek en uitvoeriger berekeningen noodzakelijk.

De kwantitatieve toets geeft wel samen met de overige checklists een goed algemeen beeld van de weerbaarheid van het gebouw.

4.1.1. *Constructieve berekening*

Op basis van de indicatieve constructieve berekening en de resultaten van de checklist concluderen we dat de constructie naar alle waarschijnlijkheid niet voldoet aan de gestelde voorlopige richtlijnen naar aardbevingsbestendigheid.

Om het gebouw definitief te kunnen toetsen aan de (nu nog slechts in concept uitgebrachte) NPR dienen nadere berekeningen te worden gemaakt. Bij deze berekeningen:

- Kan het werkelijke (niet-lineaire) materiaalgedrag in rekening gebracht worden;
- Kan de torsie beter in beeld gebracht worden door het gebruiken van een 3d model
- Kan de bijdrage van het betonnen raamwerk van kolommen en balken in de aardbevingsbestendigheid beter in beeld worden gebracht.

Om deze berekeningen te kunnen maken is betere informatie noodzakelijk van de constructie. Zo dient onder andere de wapening en de betonkwaliteit van de structuur uitgezocht te worden.

Een nadere berekening dient ten allen tijde uit te gaan van de dan geldende (of dan meest recente) uitgave van de NPR. Dit kan verschillen geven, zowel in positieve als negatieve zin.

4.1.2. *Checklists*

Het gebouw voldoet naar alle waarschijnlijkheid niet aan de eisen naar aardbevingsbestendigheid zoals vastgelegd in de ASCE checklists. Er zijn verbeteringen mogelijk aan zowel de bouwkundige als de constructieve elementen. Met name de gemetselde gevel dient hierbij aandacht te krijgen, omdat deze ook de werking van de structuur bij een aardbeving beïnvloedt.

4.1.3.

Indicatieve oplossingsrichtingen

In de analyse is voor een aantal gebouwonderdelen een indicatieve oplossingsrichting aangegeven, waarmee de weerbaarheid van het gebouw ten aanzien van seismische activiteit kan worden verhoogd. Een overzicht van de genoemde oplossingsrichtingen is gegeven in tabel 9. Bij elke oplossingsrichting is aangegeven wat de impact van het doorvoeren van de maatregel is op de weerbaarheid. Daarnaast is een indicatie gegeven van de relatieve kosten en overlast die verwacht kunnen worden bij het uitvoeren van de ingreep. Onder kosten wordt verstaan de bouwkosten voor het uitvoeren van de maatregel. Met overlast wordt bedoeld het effect van het aanbrengen van de maatregel op het bedrijfsproces.

Opgemerkt dient nog wel te worden dat er in het gemeente archief geen constructieve overzichten en andere gegevens (meer) beschikbaar zijn. Dit heeft grote impact op de zekerheid voor deze resultaten. Deze dienen met de nodige terughoudendheid te worden beschouwd.

Oplossingsrichting	impact		
	veiligheid	kosten	overlast
Constructieve elementen			
<i>Hoofddraagconstructie</i>			
Bouwdeel A: Versterken en koppelen dragende wanden met funderingen	hoog-veel	hoog-veel	hoog-veel
Bouwdeel B: Aanbrengen koppelingen tussen spanten en funderingspoeren	hoog-veel	beperkt	laag-weinig
Bouwdeel A-B: Tussenwand dilateren, houtenkap opvangen, aanbrengen fundering	hoog-veel	aanzienlijk	beperkt
Bouwdeel A: Vloeren uitvoeren als schijf met dubbellaags multiplex	hoog-veel	beperkt	beperkt
Niet-Constructieve elementen			
<i>Gebouwschil</i>			
Glasvervanging buitenkozijnen	beperkt	beperkt	beperkt
<i>Inbouw</i>			
Metselwerk binnenwanden verankeren	aanzienlijk	beperkt	aanzienlijk
Verankeren losse inventaris	hoog-veel	laag-weinig	laag-weinig
<i>Installaties</i>			
Schoorstenen afschoren / steunen	aanzienlijk	beperkt	aanzienlijk

Tabel 9: Samenvatting oplossingsrichtingen

hoog-veel	
aanzienlijk	
beperkt	
laag-weinig	

4.2. *Aanbevelingen*

Met de conclusies uit dit rapport kan een inschatting worden gemaakt van de weerbaarheid van het gebouw tijdens een aardbeving. Tevens worden voor gebouwonderdelen die niet voldoen aan de gestelde eisen oplossingsrichtingen gegeven.

Voor zover nu bekend wordt in het najaar de NPR 9998 uitgegeven. Deze zal dan als norm ook de eisen gaan vastleggen die aan bestaande gebouwen gesteld gaan worden. Deze eisen bepalen bij welk niveau de constructie van een gebouw nog voldoet en bij welk niveau niet meer.

Er zal waarschijnlijk een zogenaamde "afkeurnorm" worden aangeduid, die als minimum eis voor bestaande gebouwen zal gaan gelden. Op dit moment is het nog onzeker op welk veiligheidsniveau deze afkeurnorm gesteld zal gaan worden.

Om een goede afweging voor nadere acties bij de verdere uitwerking van dit betreffende gebouw te kunnen maken is zekerheid over deze normering gewenst. Op basis daarvan kan nader onderzoek meer inzicht geven in de vraag welke maatregelen aan de orde zijn.

4.3. *Nader te onderzoeken*

Voor sommige onderdelen is nu nog te weinig informatie voorhanden om goede conclusies betreffende de aardbevingsbestendigheid te kunnen trekken. In deze paragraaf worden enkele belangrijke punten hiervan aangehaald. Zie ook de detailteksten in de eerdere paragrafen voor meer detailpunten die nader onderzoek vergen.

- Het vaststellen van de grondsamenstelling door het uitvoeren van een nader bodemonderzoek;
- Nadere informatie over de rekenwijze van en de mogelijke schadebeelden bij liquefactie;
- Nader onderzoek en controle verbindingen in houtconstructie;
- Verificatie voorgestelde metselwerkversterking aan de hand; van een nauwkeuriger berekening;
- Verankering gevels en binnenwanden aan de vloeren;
- Seismische belasting op de binnenwanden uit het vlak;
- Verloop van gasleiding.



Bijlagen
Bijlage 1

Checklist constructieve en niet-constructieve elementen

Project	seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Werkcode	13663-06-J
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wfr
Onderwerp	ASCE 41-13 Checklist		Printdatum	20-05-15
Versienummer	nr. 2		Adviesgroep	SA

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voldoet niet)	Not Applicable (NVT, komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reden gebrek	Impact
				V	VN	NVT	O			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></div> Erg belangrijk <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #FFA500; border: 1px solid black;"></div> Belangrijk <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></div> Minder belangrijk <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #0000FF; border: 1px solid black;"></div> Niet belangrijk </div>

Het beschouwde element is [...] voor de waarbaarheid van het gebouw tegen een aardbevingsbelasting

16.1 NIET CONSTRUCTIEVE ELEMENTEN

16.17a GEBOUWSCHIL

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voldoet niet)	Not Applicable (NVT, komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reden gebrek	Impact
Cladding and Glazing										
16.17a_a			LS- LS-MH; PR-MH. CLADDING ANCHORS: Cladding components weighing more than 50 kg/m ² are mechanically anchored to the structure at a spacing equal to or less than the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 2 m; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 1.2 m. (Commentary: Sec. A.7.4.1, Tier 2: Sec. 13.6.1)		NVT					
16.17a_b			LS-MH; PR-MH. CLADDING ISOLATION: For steel or concrete moment frame buildings, panel connections are detailed to accommodate a story drift ratio of at least the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 0.01; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 0.02. (Commentary: Sec. A.7.4.3, Tier 2: Section 13.6.1)		NVT					
16.17a_c			LS-MH; PR-MH. MULTI-STORY PANELS: For multi-story panels attached at more than one floor level, panel connections are detailed to accommodate a story drift ratio of at least the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 0.01; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 0.02. (Commentary: Sec. A.7.4.4, Tier 2: Sec. 13.6.1)		NVT					
16.17a_d			LS-MH; PR-MH. PANEL CONNECTIONS: Cladding panels are anchored out-of-plane with a minimum number of connections for each wall panel, as follows: for Life Safety in Moderate Seismicity, 2 connections; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 4 connections. (Commentary: Sec. A.7.4.5, Tier 2: Sec. 13.6.1.4)		NVT					
16.17a_e			LS-MH; PR-MH. BEARING CONNECTIONS: Where bearing connections are used, there is a minimum of two bearing connections for each cladding panel. (Commentary: Sec. A.7.4.6, Tier 2: Sec. 13.6.1.4)		NVT					
16.17a_f			LS-MH; PR-MH. INSERTS: Where concrete cladding components use inserts, the inserts have positive anchorage or are anchored to reinforcing steel. (Commentary: Sec. A.7.4.7, Tier 2: Sec. 13.6.1.4)		NVT					
16.17a_g			LS-MH; PR-MH. OVERHEAD GLAZING: Glazing panes of any size in curtain walls and individual interior or exterior panes over 1.6 m ² in area are laminated annealed or laminated heat-strengthened glass and are detailed to remain in the frame when cracked. (Commentary: Sec. A.7.4.8, Tier 2: Sec. 13.6.1.5)		VN				Geen sponningen waarin het glas kan blijven hangen, geen gelaagd glas/veiligheidsglas. Met name in de keuken en de woonkamer zit een raam met grotere afmeting.	Niet belangrijk
Masonry Veneer										
16.17a_h			LS- LS-LMH; PR-LMH. TIES: Masonry veneer is connected to the backup with corrosion-resistant ties. There is a minimum of one tie for every 0.25 m ² , and the ties have spacing no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 900 mm; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 600 mm. (Commentary: Sec. A.7.5.1, Tier 2: Sec. 13.6.1.2)		NVT					
16.17a_i			LS-LMH; PR-LMH. SHELF ANGLES: Masonry veneer is supported by shelf angles or other elements at each floor above the ground floor. (Commentary: Sec. A.7.5.2, Tier 2: Sec. 13.6.1.2)		NVT					
16.17a_j			LS-LMH; PR-LMH. WEAKENED PLANES: Masonry veneer is anchored to the backup adjacent to weakened planes, such as at the locations of flashing. (Commentary: Sec. A.7.5.3, Tier 2: Sec. 13.6.1.2)		NVT					
16.17a_k			LS-LMH; PR-LMH. UNREINFORCED MASONRY BACKUP: There is no unreinforced masonry backup. (Commentary: Sec. A.7.7.2, Tier 2: Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2)		VN				Geen wapening aanwezig in de dragende wanden.	Minder belangrijk
16.17a_l			LS-MH; PR-MH. STUD TRACKS: For veneer with metal stud backup, stud tracks are fastened to the structure at a spacing equal to or less than 600 mm, on center. (Commentary: Sec. A.7.6.1, Tier 2: Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2)		NVT					
16.17a_m			LS-MH; PR-MH. ANCHORAGE: For veneer with concrete block or masonry backup, the backup is positively anchored to the structure at a horizontal spacing equal to or less than 1.2 m along the floors and roof. (Commentary: Sec. A.7.7.1, Tier 2: Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2)		NVT					
Parapets										
16.17a_p			LS- LS-LMH; PR-LMH. URM PARAPETS OR CORNICES: Laterally unsupported unreinforced masonry parapets or cornices have height-to-thickness ratios no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 2.5; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 1.5. (Commentary: Sec. A.7.8.1, Tier 2: Sec. 13.6.5)		NVT					
16.17a_q			LS-LMH; PR-LMH. CANOPIES: Canopies at building exits are anchored to the structure at a spacing no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 3 m; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 2 m. (Commentary: Sec. A.7.8.2, Tier 2: Sec. 13.6.6)		NVT					
16.17a_r			LS-MH; PR-LMH. CONCRETE PARAPETS: Concrete parapets with height-to-thickness ratios greater than 2.5 have vertical reinforcement. (Commentary: Sec. A.7.8.3, Tier 2: Sec. 13.6.5)		NVT					
16.17a_s			LS-MH; PR-LMH. APPENDAGES: Cornices, parapets, signs, and other ornamentation or appendages that extend above the highest point of anchorage to the structure or cantilever from components are reinforced and anchored to the structural system at a spacing equal to or less than 6 ft. This checklist item does not apply to parapets or cornices covered by other checklist items. (Commentary: Sec. A.7.8.4, Tier 2: Sec. 13.6.6)		NVT					
Masonry Chimneys										
16.17a_t			LS- LS-LMH; PR-LMH. URM CHIMNEYS: Unreinforced masonry chimneys extend above the roof surface no more than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 3 times the least dimension of the chimney; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 2 times the least dimension of the chimney. (Commentary: Sec. A.7.9.1, Tier 2: 13.6.7)		VN				schoorstenen op bouwdeel A	Belangrijk
16.17a_u			LS-LMH; PR-LMH. ANCHORAGE: Masonry chimneys are anchored at each floor level, at the topmost ceiling level, and at the roof. (Commentary: Sec. A.7.9.2, Tier 2: 13.6.7)		VN				schoorstenen op bouwdeel A	Belangrijk



Project	seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Werkcode	13663-06-J
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wlr
Onderwerp	ASCE 41-13 Checklist		Printdatum	20-08-15
Versienummer	nr. 2		Adviesgroep	SA

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voldoet niet)	Not Applicable (NVT, komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reden gebrek	Impact
				V	VN	NVT	O			Erg belangrijk Belangrijk Minder belangrijk Niet belangrijk

16.17t INBOUW

Partitions										
			16.17b_a	VN				LS- LS-LMH; PR-LMH. UNREINFORCED MASONRY: Unreinforced masonry or hollow-clay tile partitions are braced at a spacing of at most 3 m in Low or Moderate Seismicity, or at most 2 m in High Seismicity. (Commentary: Sec. A.7.1.1. Tier 2: Sec. 13.6.2)	Op de vloer ingesloten door de afwerkvloer. Onder de vloer (plafond) geen verankering aanwezig.	Belangrijk
			16.17b_b		NVT			LS-LMH; PR-LMH. HEAVY PARTITIONS SUPPORTED BY CEILINGS: The tops of masonry or hollow-clay tile partitions are not laterally supported by an integrated ceiling system. (Commentary: Sec. A.7.2.1. Tier 2: Sec. 13.6.2)		
			16.17b_c		NVT			LS-MH; PR-MH. DRIFT: Rigid cementitious partitions are detailed to accommodate the following drift ratios: in steel moment frame, concrete moment frame, and wood frame buildings. 0.02; in other buildings. 0.005. (Commentary: A.7.1.2 Tier 2: Sec. 13.6.2)		
Ceilings										
			16.17b_d		NVT			LS- LS-MH; PR-LMH. SUSPENDED LATH AND PLASTER: Suspended lath and plaster ceilings have attachments that resist seismic forces for every 1,2 m ² of area. (Commentary: Sec. A.7.2.3. Tier 2: Sec. 13.6.4)		
			16.17b_g		NVT			LS-MH; PR-LMH. SUSPENDED GYPSUM BOARD: Suspended gypsum board ceilings have attachments that resist seismic forces for every 1,2 m ² of area. (Commentary: Sec. A.7.2.3. Tier 2: Sec. 13.6.4)		
Contents and Furnishings										
			16.17b_n		NVT			LS- LS-MH; PR-MH. INDUSTRIAL STORAGE RACKS: Industrial storage racks or pallet racks more than 4 m high meet the requirements of ANSUMH 16.1 as modified by ASCE 7 Chapter 15. (Commentary: Sec. A.7.11.1. Tier 2: Sec. 13.8.1)		
			16.17b_o	VN				LS-H; PR-MH. TALL NARROW CONTENTS: Contents more than 2 m high with a height-to-depth or height-to-width ratio greater than 3-to-1 are anchored to the structure or to each other. (Commentary: Sec. A.7.11.2. Tier 2: Sec. 13.8.2)	Kasten koppelen aan draagstructuur.	Minder belangrijk
			16.17b_p		NVT			LS-H; PR-H. FALL-PRONE CONTENTS: Equipment, stored items, or other contents weighing more than 10 kg whose center of mass is more than 1,2 m above the adjacent floor level are braced or otherwise restrained. (Commentary: Sec. A.7.11.3. Tier 2: Sec. 13.8.2)		

16.17c TOEGANGEN

Stairs										
			16.17c_a		NVT			LS- LS-LMH; PR-LMH. STAIR ENCLOSURES: Hollow-clay tile or unreinforced masonry walls around stair enclosures are restrained out-of-plane and have height-to-thickness ratios not greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 15-to-1; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 12-to-1. (Commentary: Sec. A.7.10.1. Tier 2: Sec. 13.6.2 and 13.6.8)		
			16.17c_b		NVT			LS-LMH; PR-LMH. STAIR DETAILS: In moment frame structures, the connection between the stairs and the structure does not rely on shallow anchors in concrete. Alternatively, the stair details are capable of accommodating the drift calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.1 without including any lateral stiffness contribution from the stairs. (Commentary: Sec. A.7.10.2. Tier 2: Sec. 13.6.8)		

16.17c INSTALLATIES

Life Safety Systems										
			16.17d_a		NVT			LS- LS-LMH; PR-LMH. FIRE SUPPRESSION PIPING: Fire suppression piping is anchored and braced in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.1. Tier 2: Sec. 13.7.4)		
			16.17d_b		NVT			LS-LMH; PR-LMH. FLEXIBLE COUPLINGS: Fire suppression piping has flexible couplings in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.2. Tier 2: Sec. 13.7.4)		
			16.17d_c		NVT			LS-LMH; PR-LMH. EMERGENCY POWER: Equipment used to power or control life safety systems is anchored or braced. (Commentary: Sec. A.7.12.1. Tier 2: Sec. 13.7.7)		
			16.17d_d		NVT			LS-LMH; PR-LMH. STAIR AND SMOKE DUCTS: Stair pressurization and smoke control ducts are braced and have flexible connections at seismic joints. (Commentary: Sec. A.7.14.1. Tier 2: Sec. 13.7.6)		
			16.17d_e		NVT			LS-MH; PR-MH. SPRINKLER CEILING CLEARANCE: Penetrations through panelized ceilings for fire suppression devices provide clearances in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.3. Tier 2: Sec. 13.7.4)		
Hazardous Materials										
			16.17d_g		NVT			LS- LS-LMH; PR-LMH. HAZARDOUS MATERIAL EQUIPMENT: Equipment mounted on vibration isolators and containing hazardous material is equipped with restraints or snubbers. (Commentary: Sec. A.7.12.2. Tier 2: Sec. 13.7.1)		
			16.17d_h		NVT			LS-LMH; PR-LMH. HAZARDOUS MATERIAL STORAGE: Breakable containers that hold hazardous material, including gas cylinders, are restrained by latched doors, shelf lips, wires, or other methods. (Commentary: Sec. A.7.15.1. Tier 2: Sec. 13.8.4)		
			16.17d_i		NVT			LS-MH; PR-MH. HAZARDOUS MATERIAL DISTRIBUTION: Piping or ductwork conveying hazardous materials is braced or otherwise protected from damage that would allow hazardous material release. (Commentary: Sec. A.7.13.4. Tier 2: Sec. 13.7.3 and 13.7.5)		
			16.17d_j		NVT			LS-MH; PR-MH. SHUT-OFF VALVES: Piping containing hazardous material, including natural gas, has shut-off valves or other devices to limit spills or leaks. (Commentary: Sec. A.7.13.3. Tier 2: Sec. 13.7.3 and 13.7.5)		
			16.17d_k		NVT			LS-LMH; PR-LMH. FLEXIBLE COUPLINGS: Hazardous material ductwork and piping, including natural gas piping, has flexible couplings. (Commentary: Sec. A.7.15.4. Tier 2: Sec. 13.7.3 and 13.7.5)		
			16.17d_l		NVT			LS-MH; PR-MH. PIPING OR DUCTS CROSSING SEISMIC JOINTS: Piping or ductwork carrying hazardous material that either crosses seismic joints or isolation planes or is connected to independent structures has couplings or other details to accommodate the relative seismic displacements. (Commentary: Sec. A.7.13.6. Tier 2: Sec. 13.7.3, 13.7.5, and 13.7.6)		
Light Fixtures										
			16.17d_m		NVT			LS- LS-MH; PR-MH. INDEPENDENT SUPPORT: Light fixtures that weigh more per square foot than the ceiling they penetrate are supported independent of the grid ceiling suspension system by a minimum of two wires at diagonally opposite corners of each fixture. (Commentary: Sec. A.7.3.2. Tier 2: Sec. 13.6.4 and 13.7.9)		
Mechanical and Electrical Equipment										
			16.17d_p	V				LS- LS-H; PR-H. FALL-PRONE EQUIPMENT: Equipment weighing more than 10 kg whose center of mass is more than 1,2 m above the adjacent floor level, and which is not in-line equipment, is braced. (Commentary: A.7.12.4. Tier 2: Sec. 13.7.1 and 13.7.7)	Boiler in de keuken.	Minder belangrijk
			16.17d_q		NVT			LS-H; PR-H. IN-LINE EQUIPMENT: Equipment installed in-line with a duct or piping system, with an operating weight more than 40 kg, is supported and laterally braced independent of the duct or piping system. (Commentary: Sec. A.7.12.5. Tier 2: Sec. 13.7.1)		
			16.17d_r		NVT			LS-H; PR-MH. TALL NARROW EQUIPMENT: Equipment more than 2 m high with a height-to-depth or height-to-width ratio greater than 3-to-1 is anchored to the floor slab or adjacent structural walls. (Commentary: Sec. A.7.12.6. Tier 2: Sec. 13.7.1 and 13.7.7)		

Project	seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Werkcode	13663-06-J
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wir
Onderwerp	ASCE 41-13 Checklist		Printdatum	20-04-15
Versienummer	nr. 2		Adviesgroep	SA

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voldoet niet)	Not Applicable (NVT, komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reden gebrek	impact
				V	VN	NVT	O			Erg belangrijk Belangrijk Minder belangrijk Niet belangrijk
		Piping	16.17d_ag			NVT		LS- LS-H, PR-H, RETAINER GUARDS: Sheaves and drums have cable retainer guards. (Commentary: Sec. A.7.16.1, Tier 2: 13.8.6)		
			16.17d_ah			NVT		LS-H, PR-H, RETAINER PLATE: A retainer plate is present at the top and bottom of both car and counterweight. (Commentary: Sec. A.7.16.2, Tier 2: 13.8.6)		

16.1 DRAAGCONSTRUCTIE

16.1 BASIC CHECKLIST

Very Low Seismicity

Structural Components	check	comment	impact
16.1_a	V	LOAD PATH: The structure shall contain a complete, well-defined load path, including structural elements and connections, that serves to transfer the inertial forces associated with the mass of all elements of the building to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.1.1, Tier 2: Sec. 5.4.1.1)	Erg belangrijk
16.1_b	VN	WALL ANCHORAGE: Exterior concrete or masonry walls that are dependent on the diaphragm for lateral support are anchored for out-of-plane forces at each diaphragm level with steel anchors, reinforcing dowels, or straps that are developed into the diaphragm. Connections shall have adequate strength to resist the connection force calculated in the Quick Check procedure of Section 4.5.3.7. (Commentary: Sec. A.5.1.1, Tier 2: Sec. 5.7.1.1)	Geen koppelingen aanwezig! Erg belangrijk

16.1.2 LIFE SAFETY BASIC CONFIGURATION CHECKLIST

Low Seismicity

Building System	General	Building Configuration	check	comment	impact	
General	16.1.2LS_a		V	LOAD PATH: The structure shall contain a complete, well defined load path, including structural elements and connections, that serves to transfer the inertial forces associated with the mass of all elements of the building to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.1.1, Tier 2: Sec. 5.4.1.1)	Erg belangrijk	
	16.1.2LS_b		V	ADJACENT BUILDINGS: The clear distance between the building being evaluated and any adjacent building is greater than 4% of the height of the shorter building. This statement shall not apply for the following building types: W1, W1a, and W2. (Commentary: Sec. A.2.1.2, Tier 2: Sec. 5.4.1.2)	De vrije ruimte naar de naastgelegen schuur dient een minimale tussenruimte van circa 51 mm (NC) te bezitten om "aanstoten" te voorkomen. Dit is $\sqrt{(36^2+36^2)}$ volgens de verformingsberekening en NEN EN 1998-1: Artikel 4.4.2.7.	Minder belangrijk
	16.1.2LS_c		V	MEZZANINES: Interior mezzanine levels are braced independently from the main structure or are anchored to the seismic-force-resisting elements of the main structure. (Commentary: Sec. A.2.1.3, Tier 2: Sec. 5.4.1.3)	De vloer in de schuur wordt geschoord met de wanden.	Erg belangrijk
Building Configuration	16.1.2LS_d		V	WEAK STORY: The sum of the shear strengths of the seismic-force-resisting system in any story in each direction is not less than 80% of the strength in the adjacent story above. (Commentary: Sec. A.2.2.2, Tier 2: Sec. 5.4.2.1)		Belangrijk
	16.1.2LS_e		V	SOFT STORY: The stiffness of the seismic-force-resisting system in any story is not less than 70% of the average seismic-force-resisting system stiffness in an adjacent story above or less than 80% of the average seismic-force-resisting system stiffness of the three stories above. (Commentary: Sec. A.2.2.3, Tier 2: Sec. 5.4.2.2)		Belangrijk
	16.1.2LS_f		V	VERTICAL IRREGULARITIES: All vertical elements in the seismic-force-resisting system are continuous to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.2.4, Tier 2: Sec. 5.4.2.3)		Belangrijk
	16.1.2LS_g		V	GEOMETRY: There are no changes in the net horizontal dimension of the seismic-force-resisting system of more than 30% in a story relative to adjacent stories, excluding one-story penthouses and mezzanines. (Commentary: Sec. A.2.2.5, Tier 2: Sec. 5.4.2.4)		Belangrijk
	16.1.2LS_h		V	MASS: There is no change in effective mass more than 50% from one story to the next. Light roofs, penthouses, and mezzanines need not be considered. (Commentary: Sec. A.2.2.6, Tier 2: Sec. 5.4.2.5)		Belangrijk
	16.1.2LS_i		V	TORSION: The estimated distance between the story center of mass and the story center of rigidity is less than 20% of the building width in either plan dimension. (Commentary: Sec. A.2.2.7, Tier 2: Sec. 5.4.2.6)		Erg belangrijk

Moderate Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low Seismicity.

Geologic Site Hazards	check	comment	impact
16.1.2LS_j	O	LIQUEFACTION: Liquefaction-susceptible, saturated, loose granular soils that could jeopardize the building's seismic performance shall not exist in the foundation soils at depths within 15 m under the building. (Commentary: Sec. A.6.1.1, Tier 2: 5.4.3.1)	Belangrijk
16.1.2LS_k	NVT	SLOPE FAILURE: The building site is sufficiently remote from potential earthquake-induced slope failures or rockfalls to be unaffected by such failures or is capable of accommodating any predicted movements without failure. (Commentary: Sec. A.6.1.2, Tier 2: 5.4.3.1)	
16.1.2LS_l	NVT	SURFACE FAULT RUPTURE: Surface fault rupture and surface displacement at the building site are not anticipated. (Commentary: Sec. A.6.1.3, Tier 2: 5.4.3.1)	

High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity.

Foundation Configuration	check	comment	impact	
16.1.2LS_m	VN	OVERTURNING: The ratio of the least horizontal dimension of the seismic-force-resisting system at the foundation level to the building height (base/height) is greater than 0.6Sa. (Commentary: Sec. A.6.2.1, Tier 2: Sec. 5.4.3.3)	Voldoet niet voor de wanden.	Minder belangrijk
16.1.2LS_n	VN	TIES BETWEEN FOUNDATION ELEMENTS: The foundation has ties adequate to resist seismic forces where footings, piles, and piers are not restrained by beams, slabs, or soils classified as Site Class A, B, or C. (Commentary: Sec. A.6.2.2, Tier 2: Sec. 5.4.3.4)	De begane grond/vloer ligt tussen de wanden en is niet gekoppeld.	Minder belangrijk



Project: seismische scan Exemplarische gebouwen; Opdrachtgever: Gemeente Groningen; Onderwerp: ASCE 41-13 Checklist; Versienummer: nr. 2; Werkcode: 13663-06-J; Referentie: vhw/wlr; Printdatum: 20-05-15; Adviesgroep: SA

Table with columns: nr, seismicity, part, item, check, reason, impact. Legend for check: V (Compliant), VN (Non Compliant), NVT (Not Applicable), O (Unknown). Legend for impact: Erg belangrijk, Belangrijk, Minder belangrijk, Niet belangrijk.

16.3L LIFE SAFETY STRUCTURAL CHECKLIST FOR BUILDING TYPE W2: WOOD FRAMES, COMMERCIAL AND INDUSTRIAL

Low and Moderate Seismicity

Lateral Seismic-Resisting System

Table of structural checks for wood frames (16.3L). Items include redundancy, shear stress, sheathing, plaster, gypsum wallboard, narrow wood shear walls, walls connected through floors, hillside site, cripple walls, openings, wood posts, and wood sills. Impact levels range from 'Minder belangrijk' to 'Erg belangrijk'.

High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity.

Diaphragms

Table of structural checks for diaphragms (16.3Lm-s). Items include diaphragm continuity, roof chord continuity, reinforcement at openings, straight sheathing, spans, diagonally sheathed and unblocked diaphragms, and other diaphragms. Impact levels range from 'Erg belangrijk' to 'NVT'.

Connections

Table of structural checks for connections (16.3Ls). Item: Wood sill bolts. Impact level: Erg belangrijk.

16.16 LIFE SAFETY STRUCTURAL CHECKLIST FOR BUILDING TYPES URM: UNREINFORCED MASONRY BEARING WALLS WITH LS FLEXIBLE DIAPHRAGMS AND URMA: UNREINFORCED MASONRY BEARING WALLS WITH STIFF DIAPHRAGMS

Low and Moderate Seismicity

Seismic-Force-Resisting System

Table of structural checks for unreinforced masonry (16.16L). Items include redundancy, shear stress, wall anchorage, wood ledgers, and transfer to shear walls. Impact levels range from 'Erg belangrijk' to 'NVT'.

Connections

Table of structural checks for connections (16.16Lc-f). Items include wall anchorage, wood ledgers, and girder-column connection. Impact levels range from 'Erg belangrijk' to 'NVT'.

Project	seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Werkcode	13663-06-J
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wrf
Onderwerp	ASCE 41-13 Checklist		Printdatum	2010-11
Versienummer	nr. 2		Adviesgroep	SA

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voldoet niet)	Not Applicable (NVT, komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reken gebrek	impact
				V	VN	NVT	O			Erg belangrijk Belangrijk Minder belangrijk Niet belangrijk
High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity.										
Seismic-Force-Resisting System										
			16.16LS_g	V				PROPORTIONS: The height-to-thickness ratio of the shear walls at each story is less than the following (Commentary: Sec. A.3.2.5.2. Tier 2: Sec. 5.5.3.1.2): Top story of multi-story building: 9 First story of multi-story building: 15 All other conditions: 13	De hoogte voor de onderste verdieping mag maximaal 15x250 = 3750 mm zijn. De hoogte voor de bovenste verdieping zou maximaal 9x250 = 2250 mm mogen zijn. Bouwlagen voldoen hieraan.	Belangrijk
			16.16LS_h			NVT		MASONRY LAYUP: Filled collar joints of multi-wythe masonry walls have negligible voids. (Commentary: Sec. A.3.2.5.3. Tier 2: Sec. 5.5.3.4.1)		
Diaphragms (Stiff or Flexible)										
			16.16LS_j	V				OPENINGS AT SHEAR WALLS: Diaphragm openings immediately adjacent to the shear walls are less than 25% of the wall length. (Commentary: Sec. A.4.1.4. Tier 2: Sec. 5.6.1.3)		Belangrijk
			16.16LS_k	V				OPENINGS AT EXTERIOR MASONRY SHEAR WALLS: Diaphragm openings immediately adjacent to exterior masonry shear walls are not greater than 2,5 m long. (Commentary: Sec. A.4.1.6. Tier 2: Sec. 5.6.1.3)		Belangrijk
Flexible Diaphragms										
			16.16LS_l		VN			CROSS TIES: There are continuous cross ties between diaphragm chords. (Commentary: Sec. A.4.1.2. Tier 2: Sec. 5.6.1.2)	Balklagen zijn onderbroken.	Belangrijk
			16.16LS_m	V				STRAIGHT SHEATHING: All straight sheathed diaphragms have aspect ratios less than 2-to-1 in the direction being considered. (Commentary: Sec. A.4.2.1. Tier 2: Sec. 5.6.2)		Belangrijk
			16.16LS_n			NVT		SPANS: All wood diaphragms with spans greater than 8 m consist of wood structural panels or diagonal sheathing. (Commentary: Sec. A.4.2.2. Tier 2: Sec. 5.6.2)		
			16.16LS_o			NVT		DIAGONALLY SHEATHED AND UNBLOCKED DIAPHRAGMS: All diagonally sheathed or unblocked wood structural panel diaphragms have horizontal spans less than 13 m and aspect ratios less than or equal to 4-to-1. (Commentary: Sec. A.4.2.3. Tier 2: Sec. 5.6.2)		
			16.16LS_p	V				OTHER DIAPHRAGMS: The diaphragm does not consist of a system other than wood, metal deck, concrete, or horizontal bracing. (Commentary: Sec. A.4.7.1. Tier 2: Sec. 5.6.5)		Erg belangrijk
Connections										
			16.16LS_q		VN			STIFFNESS OF WALL ANCHORS: Anchors of concrete or masonry walls to wood structural elements are installed taut and are stiff enough to limit the relative movement between the wall and the diaphragm to no greater than 3 mm, before engagement of the anchors. (Commentary: Sec. A.5.1.4. Tier 2: Sec. 5.7.1.2)	De toegepaste haakankers werken maar in een richting.	Belangrijk
			16.16LS_r			NVT		BEAM, GIRDER, AND TRUSS SUPPORTS: Beams, girders, and trusses supported by unreinforced masonry walls or pilasters have independent secondary columns for support of vertical loads. (Commentary: Sec. A.5.4.5. Tier 2: Sec. 5.7.4.4)		



Bijlage 2

Constructieve berekening

Bouwdeel A:

- Gewichtsberekening
- Analyse x-richting
- Analyse y-richting
- Toetsing afschuifcapaciteit

Bouwdeel B:

- Gewichtsberekening
- Analyse beide richtingen met toetsing kolomcapaciteit

Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Projectcode	13663-06-J
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wlr
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	19-mei-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Verdiepingen Bouwdeel A

Niveau	hoogte tov fundering [m]	TOTAAL [kN]	seismische belasting [kN]	seismische belasting, variabel [kN]
bovenste niveau	7,90	168	168	0
onderste niveau	3,60	907	854	53

Belastingen

Niveau		G_{eg} [kN/m ²]	G_{perm} [kN/m ²]	χG_{perm} [kN/m ²]	opgelegde Q belasting [kN/m ²]	ϕ	Combinatie coefficient Ψ_2	Seismische combinatie coefficient Ψ_{EI}	x aantal	lengte l [m]	breedte b [m]	oppervlak [m ²]	seismische belasting, permanent [kN]	seismische belasting, variabel [kN]
bovenste niveau	Dak	1,00	0,00	1,0				1,0	1	12,0	14,0	168	168	
	Categorie H, daken				1,0	1,0	0,0	0,0	1	12,0	14,0	168		0
												Sub	168	0
onderste niveau	Vloer	0,30	0,20	0,5				1,0	1	12,0	14,0	168	84	
	dwarsgevel	0,00	4,50	4,5				1,0	2	14,0	3,6	101	454	
	voorgevel	0,00	4,50	4,5				1,0	1	12,0	2,0	24	108	
	achtergevel	0,00	4,50	4,5				1,0	1	12,0	2,0	24	108	
	sch.wanden	0,00	2,00	2,0				1,0	2	14,0	1,8	50	101	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimtes				1,8	0,6	0,3	0,2	1	12,0	14,0	168		53
												Sub	854	53
												Totaal	1.022	53

Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Projectcode	13663-06-J
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	vhv/wlr
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	4-sep-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Zijdelingse belastingmethode (x-richting)

Representatieve gedragsfactor	1,5	
Reductiefactor op gedragsfactor	1,0	NPR 9998 (4.2.3.1)
Gedragsfactor	q = 1,50	
Type stabiliteitssysteem	Beton / metselwerk stabiliteitswanden	NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))
Gebouwhoogte	8,5 m	
Verdiepingen	2	
Wanden		
NEN-EN 1998-1 sec. 4.3.3.2.2 (4)		

wand	l_{wi} [m]	b_i [m]	#	A_i [m ²]	A_c [m ²]	$(l_{wi} / H) \leq 0,9$
A	6,20	0,25	1	1,6	1,3	✓ 0,73
B	4,00	0,25	1	1,0	0,4	✓ 0,47
Σ	10,2	-	2	2,6	1,8	-

C_t

0,056

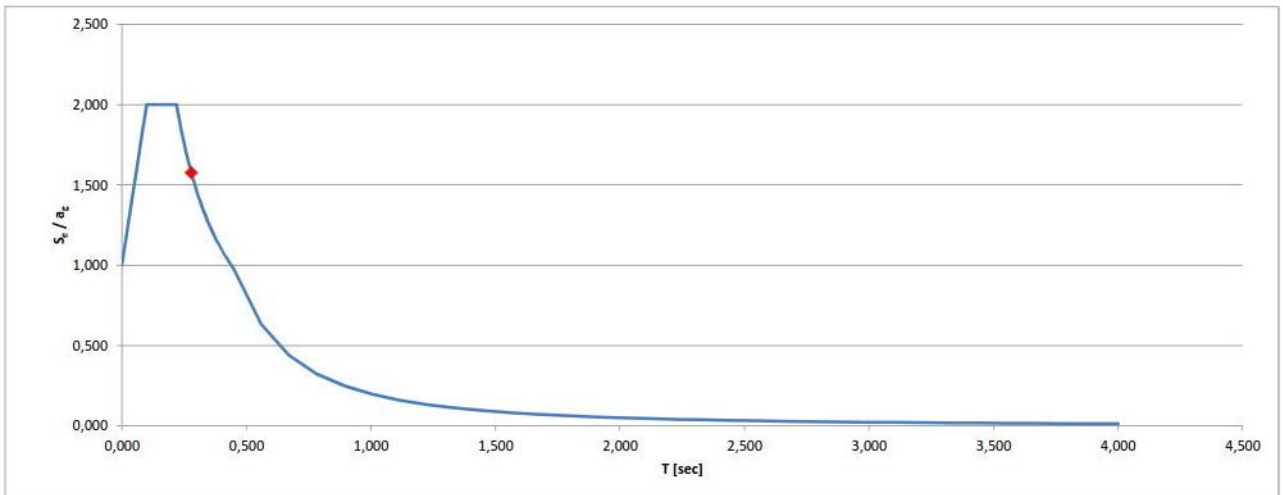
	T_1	$S_d(T_1)/a_{gd}$	* a_{gr} =	$S_d(T_1)$	* λ *	%	= F_{bk}	
Trillingstijd	$T_1 = 0,28$ sec	1,576	* 0,49 =	0,775 g *	1,00	100	834	kN
Base Shear Force						SRSS:	834	kN

Factoren

Tweede-orde-effecten	1,00	NPR 9998 (4.4.2.2)
Torsie-effecten	1,30	NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht

1.090 kN



Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Projectcode	13663-06-J
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wfr
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	4-sep-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Spectrale modale responsieberekening (x-richting)

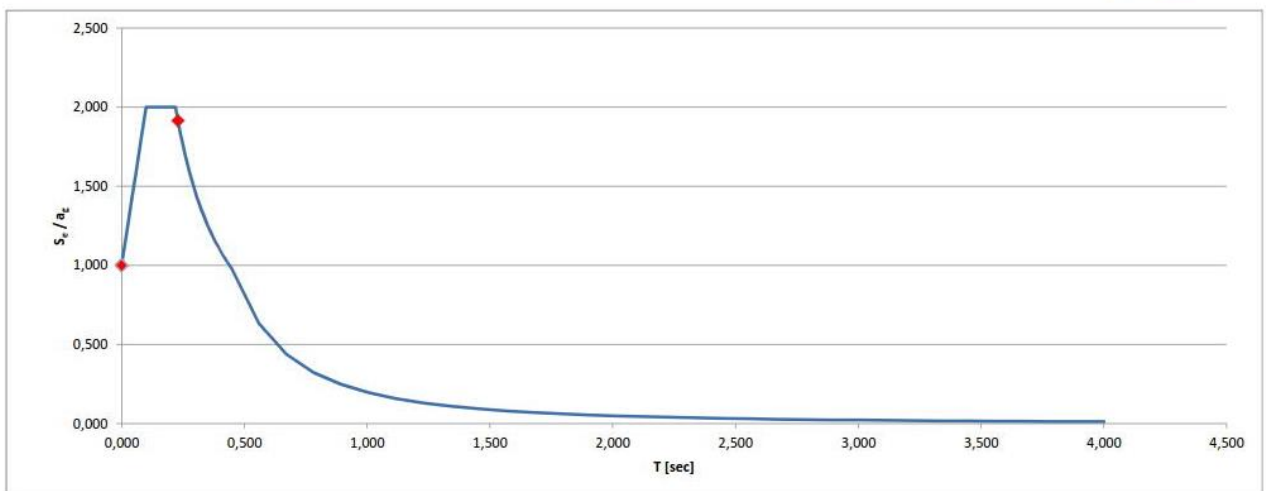
Representatieve gedragsfactor	1,5	
Reductiefactor op gedragsfactor	1,0	NPR 9998 (4.2.3.1)
Gedragsfactor	q= 1,50	

Trillingstijd	T_i	$S_d(T_i)/a_{gd}$	* a_{gd} =	$S_d(T_i)$	* %	= F_{bk}	
	$T_1 = 0,23$ sec	1,913	* 0,49 =	0,941 g *	100,0	=	1.012 kN
	$T_2 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_3 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_4 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_5 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_6 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_7 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_8 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_9 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_{10} = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN

Base Shear Force		SRSS:	1.012	kN
------------------	--	-------	-------	----

Factoren		
Tweede-orde-effecten	1,00	NPR 9998 (4.4.2.2)
Torsie-effecten	1,30	NPR 9998 (4.3.3.2.4)

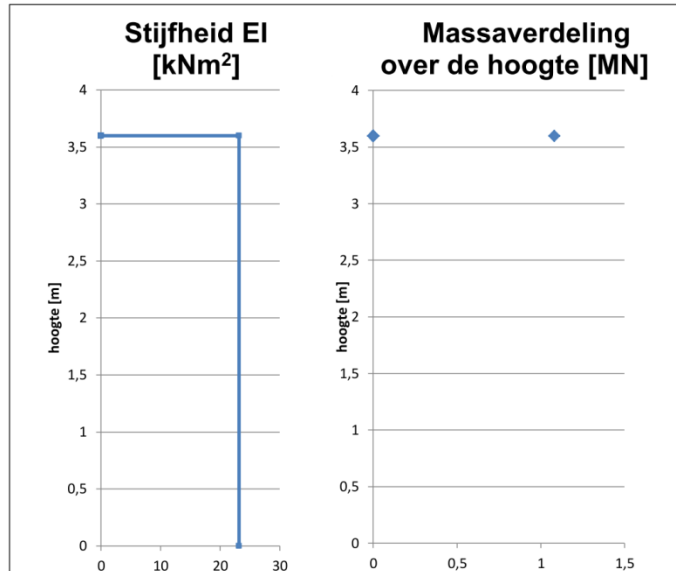
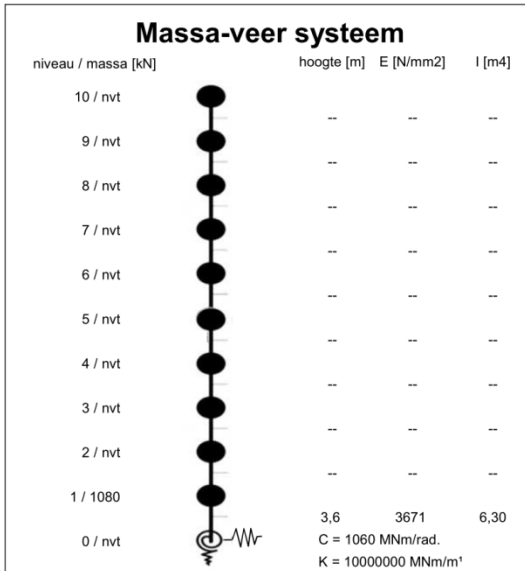
Rekenwaarde maximale dwarskracht			1.320	kN
----------------------------------	--	--	-------	----



Zie navolgende berekening

Project	: Seismische scan bestaande gebouwen	Boerderij Wolddijk bouwdeel A x-richting	Projectcode	13663-SAxxxx
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	con/bwk
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	19-mei-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Invoergegevens voor de bepaling van het ontwerp respons spectrum (DRS):

Het rekenmodel van het gebouw representeert op een vereenvoudigde manier de stijfheids- en massaverdeling over de gebouwhoogte zodat alle significante vervormings-eigenschappen en traagheidskrachten bij de beschouwde seismische belasting goed in rekening worden gebracht. Voor deze niet-lineaire berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bouwconstructie is geschematiseerd tot een enkel horizontaal belasting afdragend systeem;
- De massa's van elke vloer worden geconcentreerd in het zwaartepunt;
- Eventuele onregelmatigheid in plattegrond of aan de eigenschappen worden voor deze seismische scan buiten beschouwing gelaten;
- De elastische buig- en afschuif stijfheidseigenschappen van elementen uit beton en metselwerk worden gelijk genomen aan de helft van de corresponderende stijfheid van de ongescheurde elementen.

Gevolklasse:	CC1b	$a_{g,ref}$:	0,41 [m/s ²]	reductiefactor :	v: 0,50 [-]
Belangklasse:	II	belangrijkeheidsfactor:	γ_1 : 1,20 [-]	PGA grenstoestand DL:	$a_{g,ref} * \gamma_1 * v$: 0,25 g [m/s ²]
PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC:		$a_{g,ref} * \gamma_1$:	0,49 g [m/s ²]		

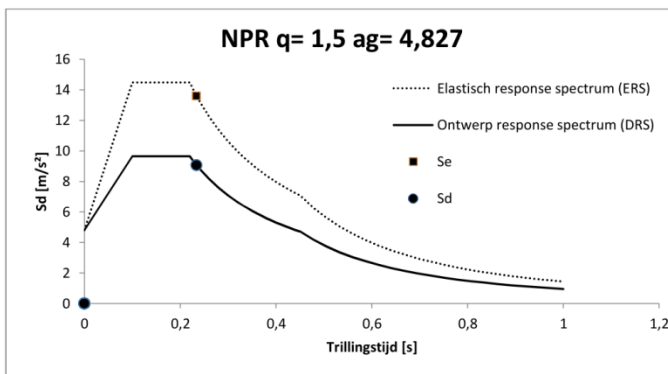
Resultaten dynamische berekening:

Trillingsvorm	T(s)	fe [hz]	Massa [ton]	%	Cum %	Sd [m/s ²]	Se [m/s ²]
1	0,235	4,26	108	100,0%	100,0%	9,06	13,58
2	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--

Dynamische berekening:

Gegeven de invoer worden aan de hand van de leer van de dynamica de eigenfrequenties, trillingsvormen, meewerkende massa en de cumulatieve meewerkende massa berekend. Deze data is benodigd voor de verdere berekening van de gebouw response.

Ductiele constructieve systemen zijn in staat om seismische belastingen op te nemen in het niet-lineaire gebied. In het algemeen is het toelaatbaar om bij het ontwerp of de verificatie via een equivalente elastische berekening een lagere belasting aan te houden dan de belasting overeen- komend met een volledige lineaire elastische respons. In NEN-EN 1998-1 wordt dit praktisch vormgegeven via een elastische berekening gebaseerd op een respons spectrum dat gereduceerd is ten opzichte van het elastische spectrum. Dit gereduceerde spectrum wordt in de



Ontwerp respons spectrum (DRS):

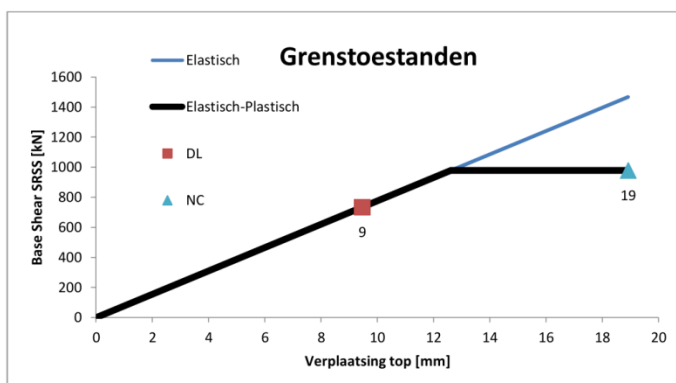
Spectrum voor de grenstoestand NC (Near Collapse). De constructie is zwaar beschadigd met lage reststerkte waarbij verticale elementen nog juist in staat zijn om verticale belastingen af te dragen. Het merendeel van de niet-constructieve onderdelen is bezwaken. Grote permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting.

De constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand NC.

Elastisch respons spectrum (ERS):

Spectrum voor de grenstoestand NC met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstoestanden".

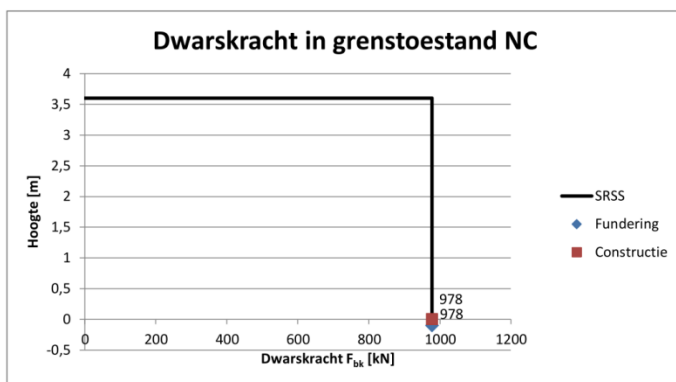
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Grenstoestanden:
Grenstoestand **NC** (Near Collapse): zie hierboven.

Grenstoestand **DL** (Damage Limitation): De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheids-eigenschappen hebben behouden. Niet dragende elementen mogen verspreid voorkomende scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar.

De niet constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand DL volgens NEN-EN 1998-1 4.4.3.2.



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

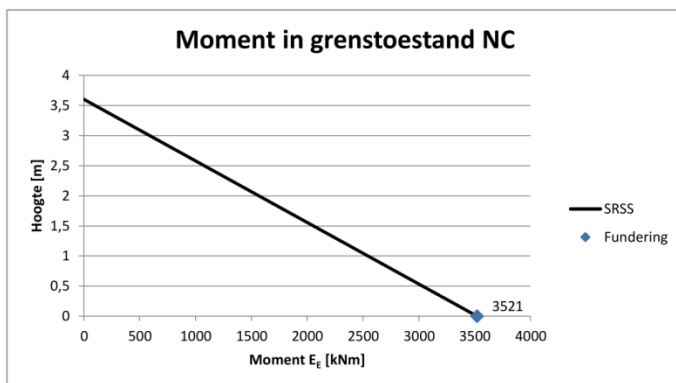
In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de NPR 9998 (4.16) luidt:

$$E_E = \sqrt{\sum (E_{Ek})^2}$$

E_{Ek} is de waarde van dit seismische belastingeffect ten gevolge van trilvorm k .

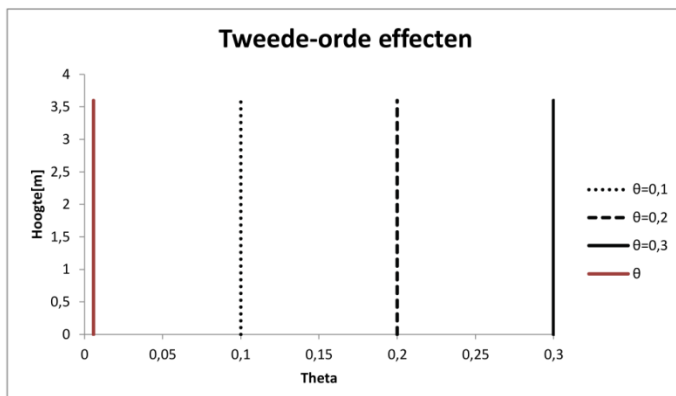
Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa m_k , behorende bij trilvorm k , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering F_{bk} werkend in de richting van de seismische belasting, kan worden geformuleerd als $F_{bk} = S_d(T_k)m_k$.

In de grafiek is de hoogste waarde van F_{bk} op funderings-niveau de dwarskracht op de paalfundering en de lagere waarde de dwarskracht in de constructie op de fundering.



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de buigende momenten verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS", zie ook de grafiek "Dwarskracht in grenstoestand NC".



Tweede orde effecten (NPR 9998 4.4.2.2):

De gevoeligheid voor de relatieve verplaatsing tussen verdiepingen wordt uitgedrukt met de coëfficiënt θ . Tweede orde effecten (P- Δ effecten) hoeven niet in rekening te worden gebracht indien voor alle verdiepingen wordt voldaan aan de voorwaarde $\theta < 0,10$.

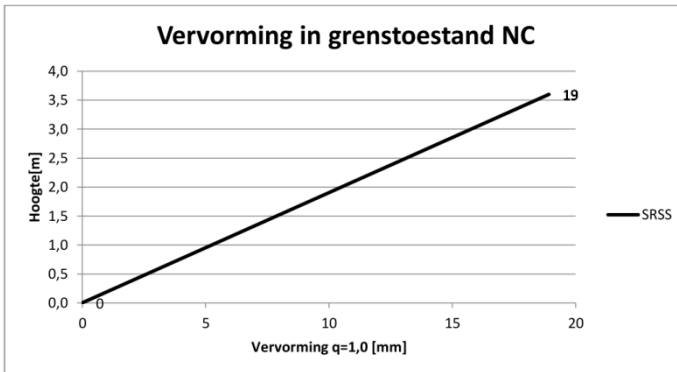
Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,1 < \theta < 0,2$ dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingeffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan $1/(1 - \theta)$.

Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,2 < \theta < 0,3$ dan moeten de tweede-orde-effecten worden bepaald door een exacte tweede-orde analyse.

De waarde van de coëfficiënt θ mag volgens de NPR 9998 echter niet groter zijn genomen dan 0,3.

Project	: Seismische scan bestaande gebouwen	Boerderij Wolddijk bouwdeel A x-richting	Projectcode	13663-SAxxxx
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	con/bwk
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	19-mei-15

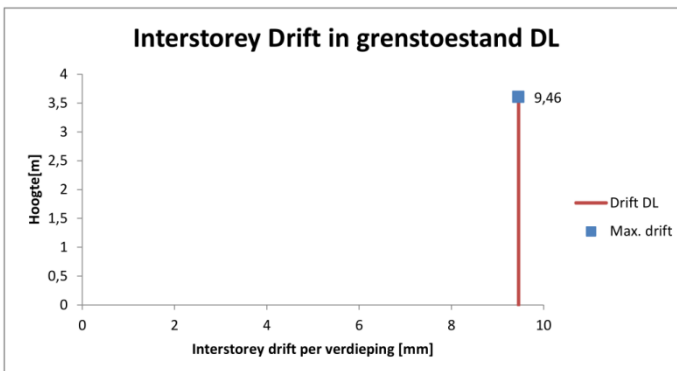
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de horizontale vervormingen weergegeven verdeeld over de hoogte voor de grenstoestand **NC**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$.

Voor de toetsing van bouwkundige elementen is de zogenaamde "interstory-drift" van belang. Dit is de verschil in verplaatsingen tussen twee opeenvolgende bouwlagen, af te lezen in de onderstaande grafiek.



Resultaat van het elastisch respons spectrum (ERS):

In de grafiek hiernaast is de relatieve verplaatsing tussen de verdiepingen, de "interstorey drift", weergegeven voor de grenstoestand **DL**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$ en vermenigvuldigd met de factor ν conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van ν is 0,5 voor gebouwen in belangklasse I en II en 0,4 voor gebouwen in belangklasse III en IV.

De Interstorey Drift is van belang voor de toetsing van leidingen, glazen onderdelen en dergelijke. De maatgevend waarde is in de grafiek aangegeven.

Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wooldijk 7 Ten Boer	Projectcode	13663-06-J
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wlr
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	4-sep-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Zijdelingse belastingmethode (y-richting)

Representatieve gedragsfactor	1,5	
Reductiefactor op gedragsfactor	1,0	NPR 9998 (4.2.3.1)
Gedragsfactor	q = 1,50	
Type stabiliteitssysteem	Beton / metselwerk stabiliteitssystemen	NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))
Gebouwhoogte	8,5 m	
Verdiepingen	2	
Wanden		
NEN-EN 1998-1 sec. 4.3.3.2.2 (4)		

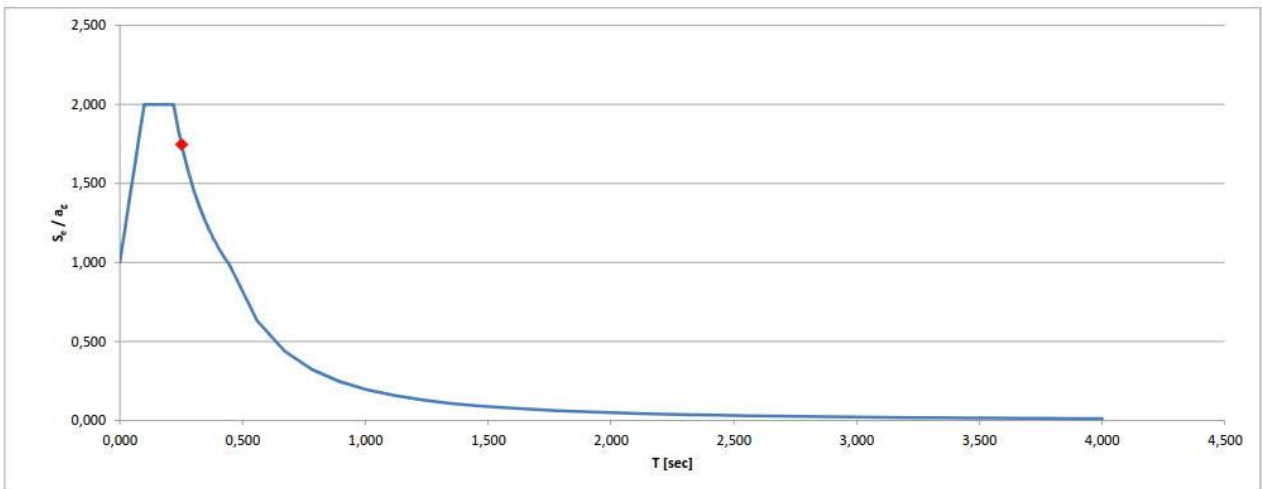
wand	l_{wi} [m]	b_i [m]	#	A_i [m ²]	A_c [m ²]	$(l_{wi} / H) \leq 0,9$
I	5,5	0,25	1	1,4	1,0	✓ 0,65
II	2,6	0,25	1	0,7	0,2	✓ 0,31
III	1,7	0,25	1	0,4	0,1	✓ 0,20
IV	4,5	0,11	1	0,5	0,3	✓ 0,53
V	3,0	0,11	1	0,3	0,1	✓ 0,35
VI	6,3	0,11	1	0,7	0,6	✓ 0,74
Σ	23,6	-	6	4,0	2,2	- -

C_1 = 0,051

		$S_d(T_i)/a_{gd}$	* $a_{gd} =$	$S_d(T_i)$	* λ *	%	= F_{bk}	
Trillingstijd	$T_1 = 0,25$ sec	1,748	* 0,49 =	0,860 g *	1,00	100	925	kN
Base Shear Force						SRSS:	925	kN

Factoren		
Tweede-orde-effecten	1,00	NPR 9998 (4.4.2.2)
Torsie-effecten	1,30	NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht = 1.210 kN

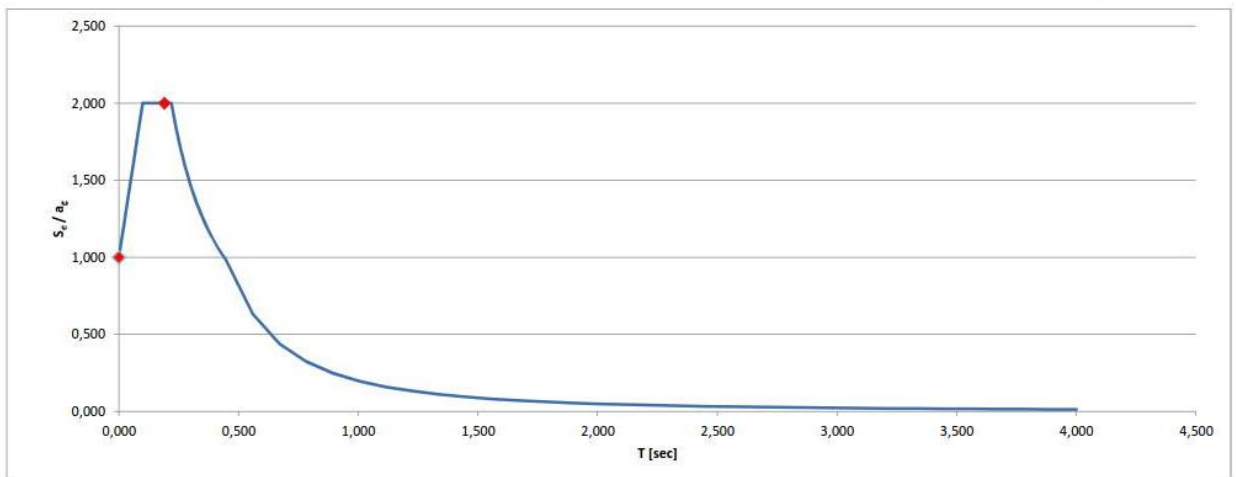


Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Projectcode	13663-06-J
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wlr
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	4-sep-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Spectrale modale responsieberekening (y-richting)

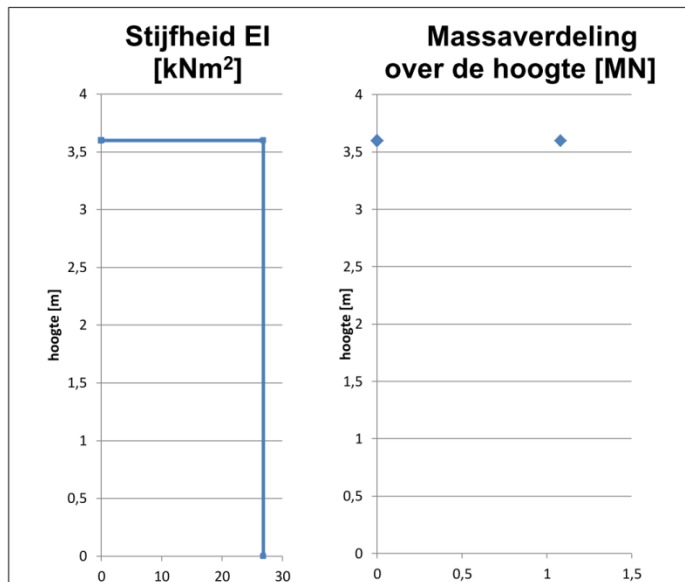
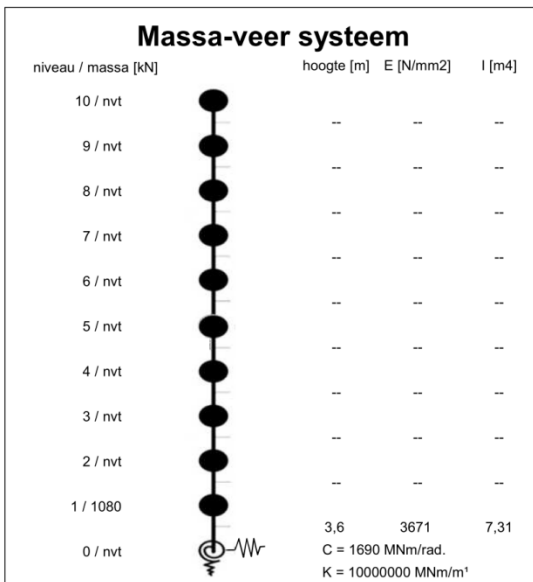
Representatieve gedragfactor	1,5						
Reductiefactor op gedragfactor	1,0	NPR 9998 (4.2.3.1)					
Gedragfactor	q = 1,50						
		$S_d(T_i)/a_{gd}$	* $a_{sp} =$	$S_d(T_i)$	* %	=	F_{bk}
Trillingstijd	$T_1 = 0,19$ sec	2,000	* 0,49 =	0,984 g *	100,0	=	1,058 KN
	$T_2 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_3 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_4 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_5 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_6 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_7 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_8 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_9 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
	$T_{10} = 0,00$ nvt	0,000	* 0,49 =	0,000 g *	0,0	=	0 KN
Base Shear Force						SRSS:	1,058 KN
Factoren							
Tweede-orde-effecten	1,00	NPR 9998 (4.4.2.2)					
Torsie-effecten	1,30	NPR 9998 (4.3.3.2.4)					
Rekenwaarde maximale dwarskracht							1,380 KN



Zie navolgende berekening

Project	: Seismische scan bestaande gebouwen	Boerderij Wolddijk bouwdeel A y-richting	Projectcode	13663-SAxxxx
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	con/bwk
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	19-mei-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Invoergegevens voor de bepaling van het ontwerp respons spectrum (DRS):

Het rekenmodel van het gebouw representeert op een vereenvoudigde manier de stijfheids- en massaverdeling over de gebouwhoogte zodat alle significante vervormings-eigenschappen en traagheidskrachten bij de beschouwde seismische belasting goed in rekening worden gebracht. Voor deze niet-lineaire berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bouwconstructie is geschematiseerd tot een enkel horizontaal belasting afdragend systeem;
- De massa's van elke vloer worden geconcentreerd in het zwaartepunt;
- Eventuele onregelmatigheid in plattegrond of aan de eigenschappen worden voor deze seismische scan buiten beschouwing gelaten;
- De elastische buig- en afschuif stijfheidseigenschappen van elementen uit beton en metselwerk worden gelijk genomen aan de helft van de corresponderende stijfheid van de ongescheurde elementen.

Gevolgsklasse:	CC1b	$a_{g,ref}$:	0,41	[m/s ²]	reductiefactor :	v:	0,50	[-]	
Belangklasse:	II	belangrijkeheidsfactor:	γ_1 :	1,20	[-]	PGA grenstoestand DL:	$a_{g,ref} * \gamma_1 * v$:	0,25 g	[m/s ²]
PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC:		$a_{g,ref} * \gamma_1$:	0,49 g	[m/s ²]					

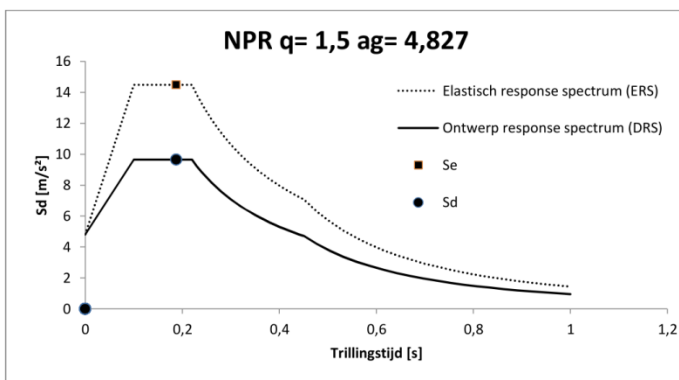
Resultaten dynamische berekening:

Trillingsvorm	T(s)	fe [hz]	Massa [ton]	%	Cum %	Sd [m/s ²]	Se [m/s ²]
1	0,188	5,33	108	100,0%	100,0%	9,65	14,48
2	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--

Dynamische berekening:

Gegeven de invoer worden aan de hand van de leer van de dynamica de eigenfrequenties, trillingsvormen, meewerkende massa en de cumulatieve meewerkende massa berekend. Deze data is benodigd voor de verdere berekening van de gebouw response.

Ductiele constructieve systemen zijn in staat om seismische belastingen op te nemen in het niet-lineaire gebied. In het algemeen is het toelaatbaar om bij het ontwerp of de verificatie via een equivalente elastische berekening een lagere belasting aan te houden dan de belasting overeenkomend met een volledige lineaire elastische respons. In NEN-EN 1998-1 wordt dit praktisch vormgegeven via een elastische berekening gebaseerd op een respons spectrum dat gereduceerd is ten opzichte van het elastische spectrum. Dit gereduceerde spectrum wordt in de



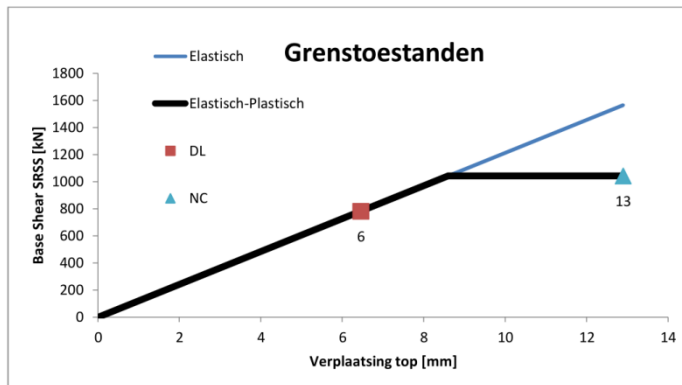
Ontwerp respons spectrum (DRS):

Spectrum voor de grenstoestand **NC** (Near Collapse). De constructie is zwaar beschadigd met lage reststerkte waarbij verticale elementen nog juist in staat zijn om verticale belastingen af te dragen. Het merendeel van de niet-constructieve onderdelen is bezwaken. Grote permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting.

De constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand **NC**.

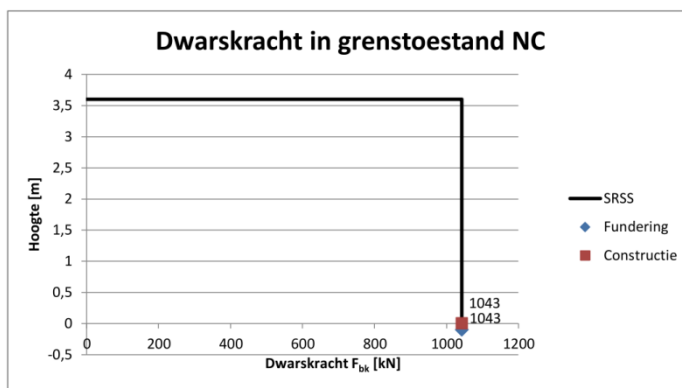
Elastisch respons spectrum (ERS):

Spectrum voor de grenstoestand **NC** met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstoelstanden".

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Grenstoestanden:

 Grenstoestand **NC** (Near Collapse): zie hierboven.

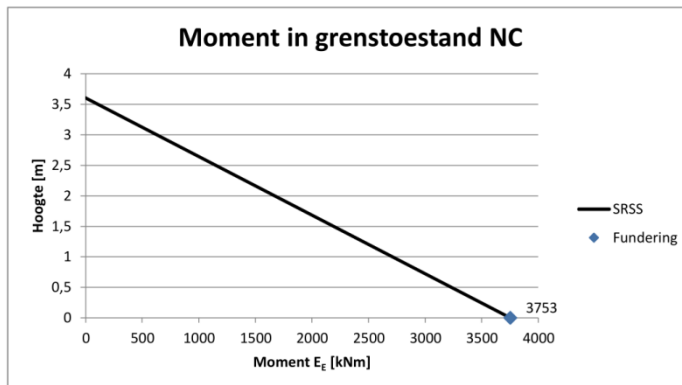
 Grenstoestand **DL** (Damage Limitation): De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheids-eigenschappen hebben behouden. Niet dragende elementen mogen verspreid voorkomende scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar.

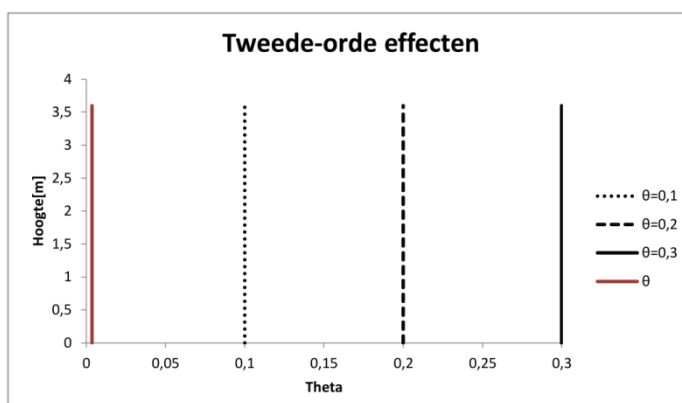
De niet constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand **DL** volgens NEN-EN 1998-1 4.4.3.2.

Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

 In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de NPR 9998 (4.16) luidt:

$$E_E = \sqrt{\sum (E_{Ek})^2}$$

 E_{Ek} is de waarde van dit seismische belastingeffect ten gevolge van trilvorm k .

 Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa m_k , behorende bij trilvorm k , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering F_{bk} werkend in de richting van de seismische belasting, kan worden geformuleerd als $F_{bk} = S_d(T_k)m_k$. In de grafiek is de hoogste waarde van F_{bk} op funderings- niveau de dwarskracht op de paalfundering en de lagere waarde de dwarskracht in de constructie op de fundering.

Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

 In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de buigende momenten verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS", zie ook de grafiek "Dwarskracht in grenstoestand NC".

Tweede orde effecten (NPR 9998 4.4.2.2):

 De gevoeligheid voor de relatieve verplaatsing tussen verdiepingen wordt uitgedrukt met de coëfficiënt θ . Tweede orde effecten (P- Δ effecten) hoeven niet in rekening te worden gebracht indien voor alle verdiepingen wordt voldaan aan de voorwaarde $\theta < 0,10$.

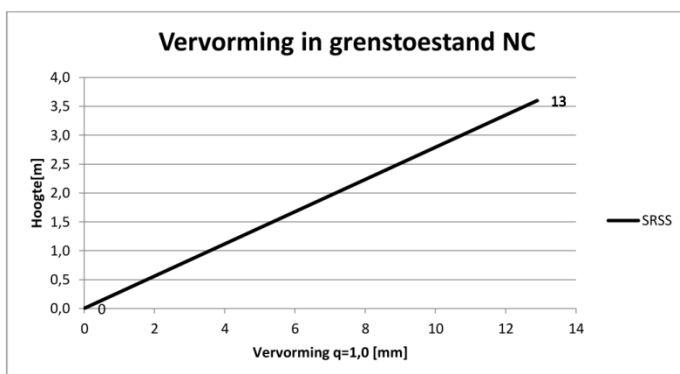
 Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,1 < \theta < 0,2$ dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingeffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan $1/(1 - \theta)$.

 Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,2 < \theta < 0,3$ dan moeten de tweede-orde-effecten worden bepaald door een exacte tweede-orde analyse.

 De waarde van de coëfficiënt θ mag volgens de NPR 9998 echter niet groter zijn genomen dan 0,3.

Project	: Seismische scan bestaande gebouwen	Boerderij Wolddijk bouwdeel A y-richting	Projectcode	13663-SAxxxx
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	con/bwk
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	19-mei-15

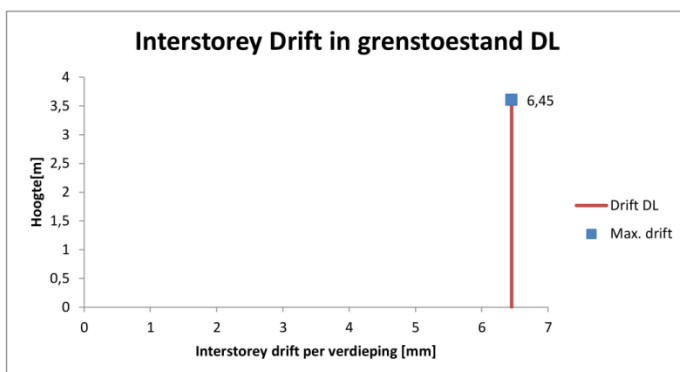
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de horizontale vervormingen weergegeven verdeeld over de hoogte voor de grenstoestand **NC**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$.

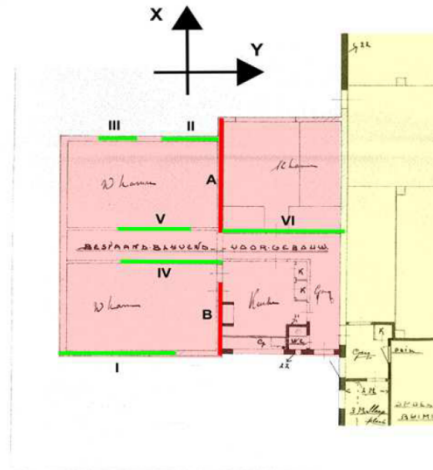
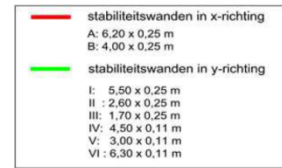
Voor de toetsing van bouwkundige elementen is de zogenaamde "interstorey-drift" van belang. Dit is de verschil in verplaatsingen tussen twee opeenvolgende bouwlagen, af te lezen in de onderstaande grafiek.



Resultaat van het elastisch respons spectrum (ERS):

In de grafiek hiernaast is de relatieve verplaatsing tussen de verdiepingen, de "interstorey drift", weergegeven voor de grenstoestand **DL**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$ en vermenigvuldigd met de factor ν conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van ν is 0,5 voor gebouwen in belangklasse I en II en 0,4 voor gebouwen in belangklasse III en IV.

De Interstorey Drift is van belang voor de toetsing van leidingen, glazen onderdelen en dergelijke. De maatgevende waarde is in de grafiek aangegeven.



Fundering

Beddingconstante (statisch)	E_s	X-ri	Y-ri	
Factor kortdurende belasting	E_d/E_s	7		[-]
Beddingconstante (dynamisch)	E_d	105000	105000	kN/m ³
Gemiddelde aanlegbreedte	b_i	0,40	0,40	m

aangehouden 400 mm

Langsrichting (X-ri)

Langsrichting (X-ri) stijfheid funderingsstroken

	l [m]	b [m]	aantal	Σlengte [m]	I [m ⁴]
Wand A	6,20	0,40	1	6,2	7,94
Wand B	4,00	0,40	1	4	2,13
Totaal		0,40	2	10,2	10,08

Rotatiestijfheid $C = K \times I = 1,06E+06$ kNm/rad

	l [m]	b [m]	aantal	Σlengte [m]	I [m ⁴]	b_afschuif [m]	Moment [kNm]	Spanning [N/mm ²]	Schuif [kN]	Schuifsp. [N/mm ²]	Capaciteit [kN]	u.c.
Wand A	6,20	0,25	1	6,2	4,97	0,25	2776	1,73	1041	0,67	154	6,8
Wand B	4,00	0,25	1	4	1,33	0,25	745	1,12	279	0,28	99	2,8
Totaal		0,25	2	10,2	6,30		3521	kNm	1320		253	4,8

Voldoet niet!
Voldoet niet!

$h = 8,5$ m (grootste wandhoogte vanaf onderkant fundering) op basis van $f_{VRd} = 0,10$ N/mm²
 $S_a = 0,941$ $l > 0.6S_a * h = 4,80$ m **Voldoet niet!**

Dwarsrichting (Y-ri)

Dwarsrichting (Y-ri) stijfheid funderingsstroken

	l [m]	b [m]	aantal	Σlengte [m]	I [m ⁴]
Wand I	5,50	0,40	1	5,5	5,55
Wand II	2,60	0,40	1	2,6	0,59
Wand III	1,70	0,40	1	1,7	0,16
Wand IV	2,50	0,40	1	2,5	0,52
Wand V	3,00	0,40	1	3	0,90
Wand VI	6,30	0,40	1	6,3	8,33
Totaal		0,40	6	21,6	16,05

Rotatiestijfheid $C = K \times I = 1,69E+06$ kNm/rad

	l [m]	b [m]	aantal	Σlengte [m]	I [m ⁴]	b_afschuif [m]	Moment [kNm]	Spanning [N/mm ²]	Schuif [kN]	Schuifsp. [N/mm ²]	Capaciteit [kN]	u.c.
Wand I	5,50	0,25	1	5,5	3,47	0,25	1780	1,41	654	0,48	137	4,8
Wand II	2,60	0,25	1	2,6	0,37	0,25	188	0,67	69	0,11	65	1,1
Wand III	1,70	0,25	1	1,7	0,10	0,25	53	0,44	19	0,05	42	0,5
Wand IV	4,50	0,11	1	4,5	0,84	0,11	429	1,16	158	0,32	49	3,2
Wand V	3,00	0,11	1	3	0,25	0,11	127	0,77	47	0,14	33	1,4
Wand VI	6,30	0,11	1	6,3	2,29	0,11	1177	1,62	433	0,62	69	6,3
Totaal		0,18	6	23,6	7,31		3753	kNm	1380		394	2,9

Voldoet niet!
Voldoet niet!
Voldoet niet!
Voldoet niet!
Voldoet niet!
Voldoet niet!

$h = 8,5$ m (grootste wandhoogte vanaf onderkant fundering) op basis van $f_{VRd} = 0,10$ N/mm²
 $S_a = 0,984$ $l > 0.6S_a * h = 5,02$ m **Voldoet niet!**

Steensterkte (hardgrauw) gemiddeld 10-17,5 N/mm²:

$f_b = 14$ N/mm ² (steensterkte)	hardgrauw
$f_m = 4$ N/mm ² (mortelsterkte)	kalkmortel
$f_k = 4,66$ N/mm ² (druksterkte)	NEN-EN 1996-1-1 (3.1)
$f_{vkd} = 0,10$ N/mm ² (schuifsterkte)	onbekend voor kalkmortel NEN-EN 1996-1-1 3.6.3
$f_{mm} = 6,99$ N/mm ² (gemiddelde druksterkte)	NPR 9998 9.1.3
$E_{mm} = 7342$ N/mm ² (E modulus verhoogd)	NEN-EN 1998-3 C.3.1
$E_{mm} = 3671$ N/mm ² (E modulus gereduceerd)	NPR 9998 9.1.4
$\gamma_M = 1,5$ [-]	NPR 9998 9.6 (3)
$\gamma_R = 1,1$ [-]	NPR 9998 4.4.2.2
$f_{Rd} = 2,83$ N/mm ²	NPR 9998 4.4.2.2
$\sigma_{ed} = 0,16$ N/mm ² (normaalspanning op toetsniveau)	NEN-EN 1996-1-1 (3.5) $(3,6 \times 4,5) \times 1000 / (250 \times 1000) = 0,16$ N/mm ²
$f_{VRd} = 0,10$ N/mm ² (rekenwaarde schuifsterkte)	NPR 9998 4.4.2.2

Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Projectcode	13663-06-J
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	vhw/wlr
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	19-mei-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Verdiepingen bouwdeel B

Niveau	hoogte tov fundering [m]	TOTAAL [kN]	seismische belasting [kN]	seismische belasting, variabel [kN]
bovenste niveau	3,20	998	998	0

Belastingen

Niveau		G_{eg} [kN/m ²]	G_{perm} [kN/m ²]	ΣG_{perm} [kN/m ²]	opgelegde belasting Q [kN/m ²]	ϕ	Combinatie coefficient ψ_2	Seismische combinatie coefficient ψ_{EI}	x aantal	lengte l [m]	breedte b [m]	oppervlak [m ²]	seismische belasting, permanent [kN]	seismische belasting, variabel [kN]
bovenste niveau	Dak	1,00	0,00	1,0				1,0	1	31,2	32,0	998	998	
	Categorie H, daken				1,0	1,0	0,0	0,0	1	31,2	32,0	998		0
												Sub	998	0
												Totaal	998	0

Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer	Projectcode	13663-06-J
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	vhv/wlr
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	19-mei-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

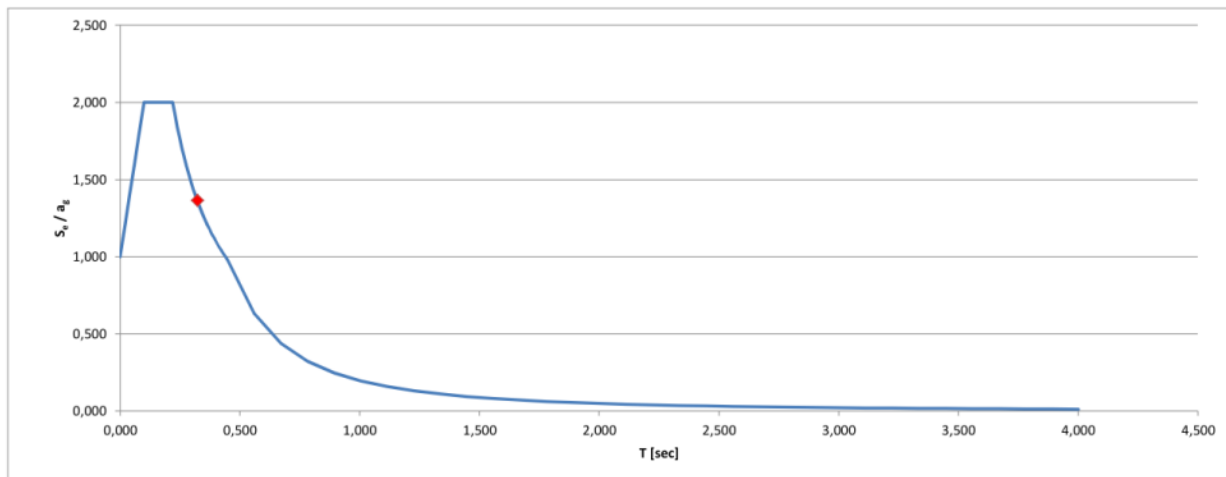
Zijdelingse belastingmethode

Representatieve gedragsfactor	1,5	
Reductiefactor op gedragsfactor	1,0	NPR 9998 (4.2.3.1)
Gedragsfactor	q = 1,50	
Type stabiliteitssysteem	Overig	NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))
Gebouwhoogte	12,0 m	
Verdiepingen	1	
C_t	0,050	

	T_1	$S_d(T_1)/a_{gd}$	$* a_{gd} =$	$S_d(T_1)$	$* \lambda *$	%	= F_{pk}	
Trillingstijd	$T_1 = 0,32$ sec	1,365	$* 0,49 =$	0,672 g *	1,00	100	670	kN
Base Shear Force						SRSS:	670	kN

Factoren		
Tweede-orde-effecten	1,00	NPR 9998 (4.4.2.2)
Torsie-effecten	1,30	NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht 880 kN



Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

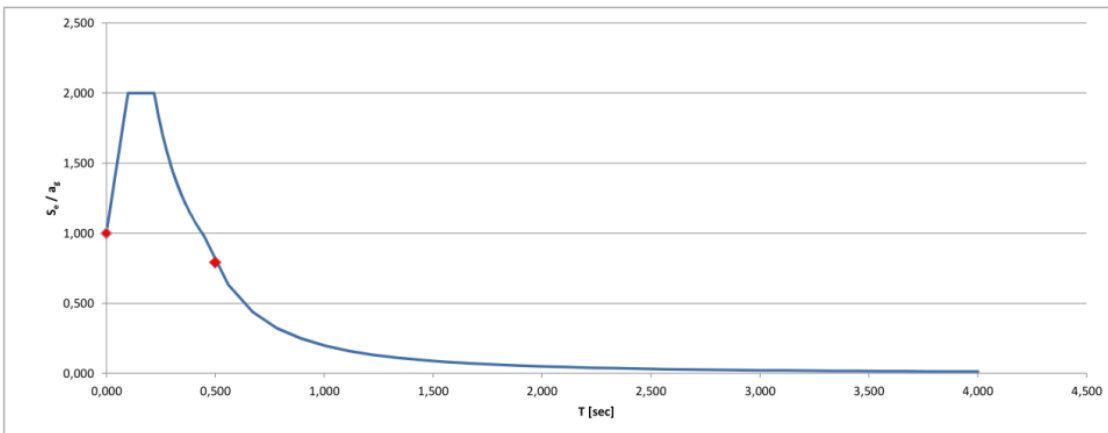
Spectrale modale responsieberekening

Representatieve gedragsfactor: 1,5
 Reductiefactor op gedragsfactor: 1,0
 Gedragsfactor: q = 1,50
 NPR 9998 (4.2.3.1)

Trillingstijd	T_i	$S_d(T_i)/a_{gd}$	$* a_{gd} =$	$S_d(T_i)$	$* \%$	$= F_{bk}$
	$T_1 = 0,50$ sec	0,792	$* 0,49 =$	0,390 g	100,0	389 kN
	$T_2 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_3 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_4 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_5 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_6 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_7 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_8 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_9 = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
	$T_{10} = 0,00$ nvt	0,000	$* 0,49 =$	0,000 g	0,0	0 kN
Base Shear Force					SRSS:	389 kN

Factoren
 Tweede-orde-effecten: 1,00
 Torsie-effecten: 1,30
 NPR 9998 (4.4.2.2)
 NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht: 510 kN



Controle:

Invoer Technosoft:
 Uitgangspunt: 240 kN (24 x 10 = 240 kN)
 Base force: 510 kN
 $\gamma_R = 1,1$ --> U.C. = 0,91

F.C. 1 = 510 / 240 = 2,13

Resultaat Technosoft: diagonaal U.C. = 0,87 < 0,91 VOLDOET

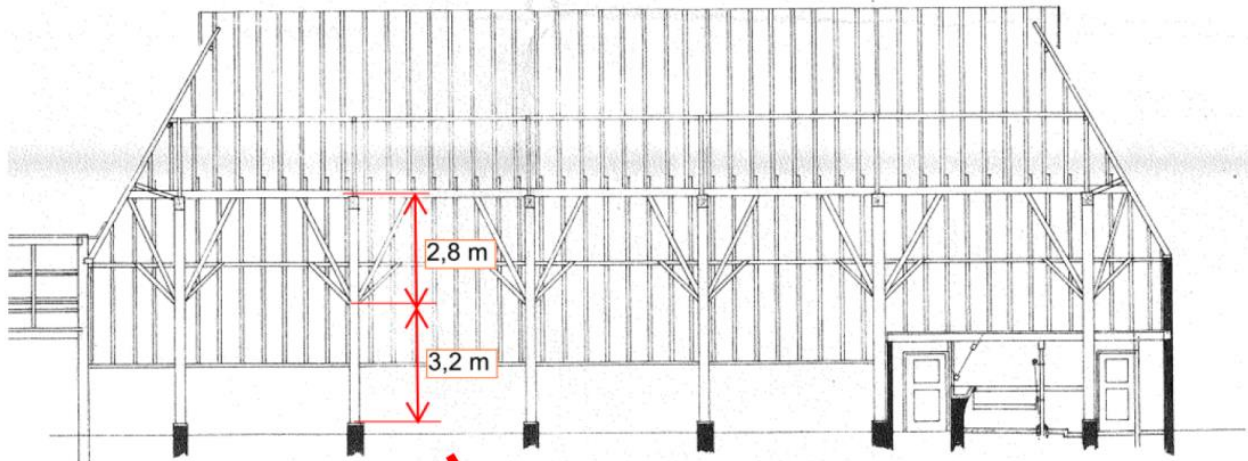
Toegepaste rekenproces:

De spanten worden geschematiseerd als aan de bovenzijde horizontaal gesteunde kolommen. Aangezien deze inklemming in werkelijkheid minder star is, zal deze schematisatie een te hoge base shear force (conservatief) opleveren.

Deze kolom wordt beschouwd met een raamwerkberekening van Technosoft om een rotatie veerstijfheid te bepalen van de inklemming. Vervolgens wordt van dit systeem een base shear force vastgesteld, die weer met een combinatie factor wordt verwerkt in het raamwerkprogramma. Daarmee kan vervolgens de doorsnede toetst (in 2de orde situatie) worden uitgevoerd.



Bepaling rekenschema.



Y-richting

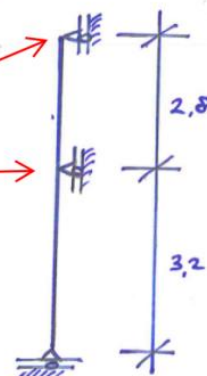
(maten in het werk gemeten)



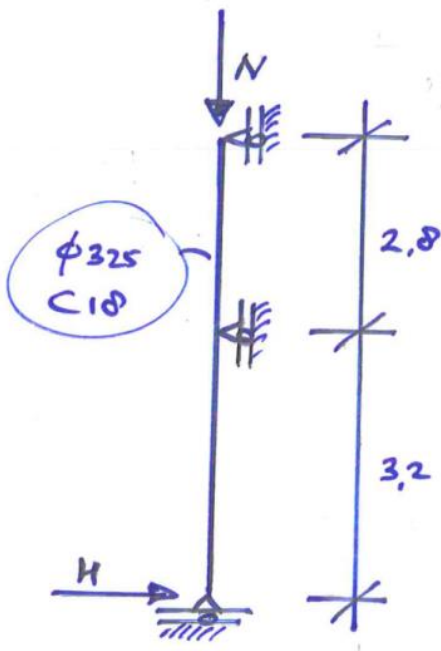
X-richting

(maten in het werk gemeten)

kolom wordt gesteund door het dakspant.



Schematisatie kolom.

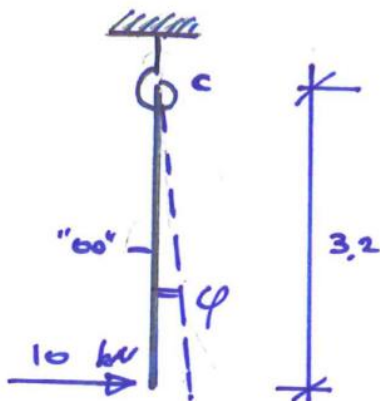


$$\Delta_{ak}: \quad \frac{N}{A} \approx \frac{1}{24} \times 1000 = 42 \text{ kN}$$

$$\phi 325 \text{ mm} \Rightarrow I = 5,47 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Berekening met Technosoft:

$$\text{Stel: } H = 10 \text{ kN} \Rightarrow \varphi = 0,00606 \text{ rad.}$$



$$C = \frac{M}{\varphi} = \frac{10 \times 3,2}{0,00606} = 498 \times 10^3 \text{ kNm/rad.}$$

voor 24 kolommen geldt dus:

$$C = 24 \times (498 \times 10^3) = 11,95 \times 10^6 \text{ kNm/rad}$$

$$I = 24 \times (5,47 \times 10^8) = 13,1 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Deze waarden worden gebruikt in de navolgende seismische berekening.

TS/Raamwerken

Rel: 6.01 19 mei 2015

Project...: Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer
 Onderdeel: Bouwdeel B kolom
 Dimensies: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
 Datum....: 18/05/2015
 Bestand...: p:\136\13663\006 - seismische scan exemplarische gebouwen
 gemeente groningen\0. abt\sa006j-gemeentelijke boerderij
 wolddijk\documenten\rapporten\0 berekening\bouwdeel b houten
 kolom.rww

Rekenmodel.....: 2e-orde-elastisch.
 Theorieën voor de bepaling van de krachtsverdeling:
 1) Uiterste grenstoestand:
 Geometrisch niet lineair alle staven.
 Fysisch lineair alle staven.
 2) Gebruiksgrenstoestand:
 Lineaire-elasticiteitstheorie

Maximum aantal iteraties.....: 50
 Max.deellengte kolommen/wanden: 0.500 Max.deellengte balken/vloeren: 0.500
 Max. X-verplaatsing in UGT....: 0.500 Max. Z-verplaatsing in UGT...: 0.250

Gunstige werking van de permanente belasting wordt automatisch verwerkt

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Hout	NEN-EN 1995-1-1:2005	A1:2011,C1:2006	NB:2011(nl)

GEOMETRIE



MATERIALEN

Mt	Omschrijving	E-modulus [N/mm ²]	S.M.	S.M.verhoogd	Pois.	Uitz. coëff
1	C18	9000	3.2	3.8	0.00	5.0000e-006

Bij de bepaling v.h. e.g. van houten staven is de S.M.verhoogd toegepast.

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	B*H 325*325	1:C18	8.2958e+004	5.4765e+008	0.00

TS/Raamwerken

Rel: 6.01 19 mei 2015

Project...: Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer
 Onderdeel: Bouwdeel B kolom

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	325	325	162.5	26:Rond	0	0	0	

KNOPEN

Knoop	X	Z
1	0.000	0.000
2	0.000	3.200
3	0.000	6.000

STAVEN

St.	ki	kj	Profiel	Aansl.i	Aansl.j	Lengte	Opm.
1	1	2	1:B*H 325*325	NDM	NDM	3.200	
2	2	3	1:B*H 325*325	NDM	NDM	2.800	

VASTE STEUNPUNTEN

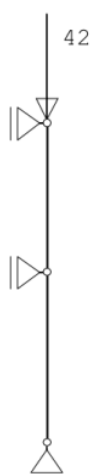
Nr.	knoop	Kode	XZR 1=vast 0=vrij	Hoek
1	1	010		0.00
2	2	100		0.00
3	3	100		0.00

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	EGZ=0.00	Type
1	Dak		1 Permanente belasting
2	Puntlast		29 Bijz. bel.: stootbel. daken

BELASTINGEN

B.G:1 Dak





TS/Raamwerken

Rel: 6.01 19 mei 2015

Project...: Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer
 Onderdeel: Bouwdeel B kolom

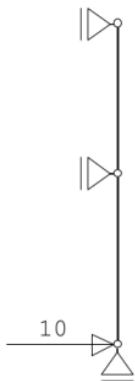
KNOOPBELASTINGEN

B.G:1 Dak

Last	Knoop	Richting	waarde	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	1	3 Z	-42.000			

BELASTINGEN

B.G:2 Puntlast

**KNOOPBELASTINGEN**

B.G:2 Puntlast

Last	Knoop	Richting	waarde	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	1	1 X	10.000	1.0	1.0	1.0

BEREKENINGSTATUS

B.C.	Iteratie	Status
1	4	Nauwkeurigheid bereikt
2	1	Lineaire berekening
3	1	Lineaire berekening
4	1	Lineaire berekening
5	1	Lineaire berekening

BELASTINGCOMBINATIES

BC	Type	
1	Fund.	1.00 $G_{k,1}$ + 2.13 $A_{d,2}$
2	Kar.	1.00 $A_{d,2}$
3	Quas.	1.00 $G_{k,1}$
4	Freq.	1.00 $G_{k,1}$
5	Blij.	1.00 $G_{k,1}$

combinatiefactor volgens
 navolgende seismische
 berekening

GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

BC Staven met gunstige werking

1 Alle staven de factor:1.00

Project...: Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer
 Onderdeel: Bouwdeel B kolom

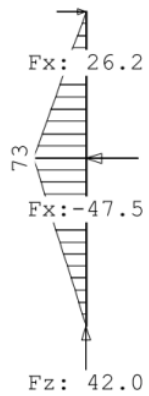
BELASTINGCOMBINATIE

B.C:1

MOMENTEN

2e orde

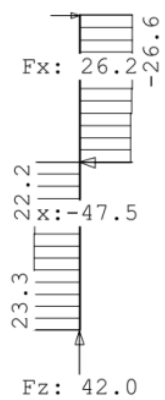
B.C:1



DWARSKRACHTEN

2e orde

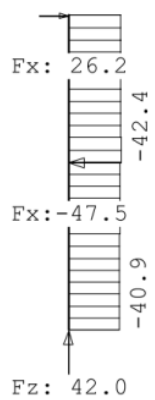
B.C:1



NORMAALKRACHTEN

2e orde

B.C:1

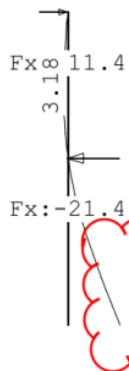


Project...: Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer
 Onderdeel: Bouwdeel B kolom

REACTIES			2e orde	B.C:1
Kn.	X	Z	M	
1		42.00		
2	-47.49			
3	26.19			
	-21.30	42.00		: Som van de reacties
	21.30	-42.00		: Som van de belastingen

BELASTINGCOMBINATIE B.C:2 Karakteristiek

VERPLAATSINGEN 1e orde [mm] B.C:2 Karakteristiek



vervorming en hoekverdraaiing
t.g.v. horizontale puntlast 10 kN

TUSSEN-PUNTEN VERPLAATSINGEN 1e orde B.C:2 Karakteristiek

St.	Kn.	Pos.	Globaal [mm]		Lokaal [mm]		Rotatie	Grondspan. [N/mm ²]
			Verpl-X	Verpl-Z	Verpl-X	Verpl-Z		
1	1		41.55	0.00	0.00	-41.55	-0.01645	
1		0.320	36.31	0.00	0.00	-36.31	-0.01630	
1		0.640	31.15	0.00	0.00	-31.15	-0.01598	
1		0.960	26.08	0.00	0.00	-26.08	-0.01549	
1		1.280	21.25	0.00	0.00	-21.25	-0.01475	
1		1.600	16.71	0.00	0.00	-16.71	-0.01380	
1		1.920	12.43	0.00	0.00	-12.43	-0.01267	
1		2.240	8.55	0.00	0.00	-8.55	-0.01134	
1		2.560	5.25	0.00	0.00	-5.25	-0.00975	
1		2.880	2.39	0.00	0.00	-2.39	-0.00799	
1	2		0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00606	
2	2		0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00606	
2		0.280	-1.30	0.00	0.00	1.30	-0.00439	
2		0.560	-2.36	0.00	0.00	2.36	-0.00283	
2		0.840	-2.95	0.00	0.00	2.95	-0.00146	
2		1.120	-3.16	0.00	0.00	3.16	-0.00030	
2		1.400	-3.18	0.00	0.00	3.18	0.00076	
2		1.680	-2.78	0.00	0.00	2.78	0.00151	
2		1.960	-2.29	0.00	0.00	2.29	0.00217	
2		2.240	-1.60	0.00	0.00	1.60	0.00263	
2		2.520	-0.82	0.00	0.00	0.82	0.00288	
2	3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00303	

Project..: Boerderij Wolddijk 7 Ten Boer
 Onderdeel: Bouwdeel B kolom

MATERIAALGEGEVENS

Materiaal	$f_{m,y,k}$ [N/mm ²]	ρ_k [kg/m ³]	ρ_{mean} [kg/m ³]	$f_{t,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
C18	18	320	380	11	0.4	18	2.2	3.4

MATERIAALGEGEVENS (vervolg)

Materiaal	G_{mean} [N/mm ²]	$E_{0,05}$ [N/mm ²]	E_{90mean} [N/mm ²]	$E_{0,mean}$ [N/mm ²]	Klimaatklasse	k_{def}	$E_{0mean,fin}$ [N/mm ²]
C18	560	6000	300	9000	I	0.60	5625

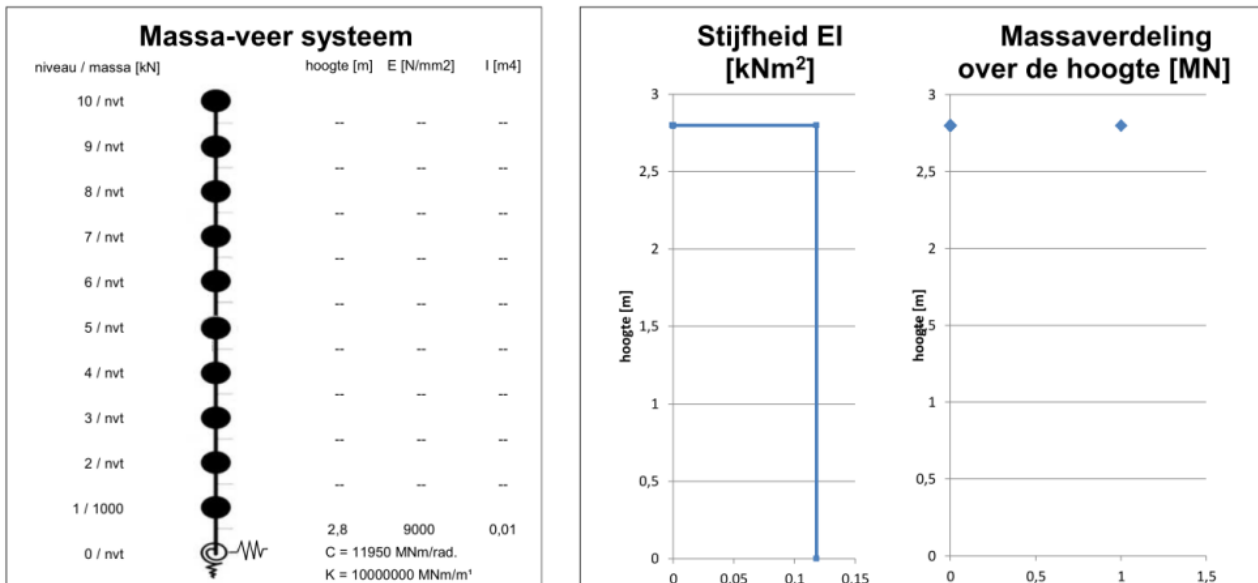
TOETSING SPANNINGEN

Staafl	1	BC / Sit.	1 / 1	UC frm(6.23)	0.87
Maatg. is norm.drukkr. + buiging (EN 1995-1-1 art. 6.3.2(3)) aan onderzijde staafl					
Positie	3200 [mm]	Breedte	325.00 [mm]	Hoogte	325.00 [mm]
k_{mod}	1.10 [-]	k_h	1.00 [-]	$k_h(fmk, ftok)$	1.00 [-]
$f_{m,y,d}$	15.23 [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$	15.23 [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$	9.31 [N/mm ²]
$f_{v,d}$	2.88 [N/mm ²]	$f_{c,90,d}$	1.86 [N/mm ²]	$f_{t,90,d}$	0.34 [N/mm ²]
N	-41.51 [kN]	D	22.23 [kN]	M	73.34 [kNm]
$\sigma_{c,0,d}$	0.39 [N/mm ²]	$\sigma_{v,d}$	0.32 [N/mm ²]	$\sigma_{m,y,d}$	-12.82 [N/mm ²]
$k_{c,z}$	1.00 [-]	k_m	0.70 [-]	$l_{ef,y}$	2717.50 [mm]
$\sigma_{my,crit}$	559.71 [N/mm ²]	$\lambda_{rel,my}$	0.18 [-]	$k_{crit,y}$	1.00 [-]

Staafl	2	BC / Sit.	1 / 1	UC frm(6.23)	0.87
Maatg. is norm.drukkr. + buiging (EN 1995-1-1 art. 6.3.2(3)) aan onderzijde staafl					
Positie	0 [mm]	Breedte	325.00 [mm]	Hoogte	325.00 [mm]
k_{mod}	1.10 [-]	k_h	1.00 [-]	$k_h(fmk, ftok)$	1.00 [-]
$f_{m,y,d}$	15.23 [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$	15.23 [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$	9.31 [N/mm ²]
$f_{v,d}$	2.88 [N/mm ²]	$f_{c,90,d}$	1.86 [N/mm ²]	$f_{t,90,d}$	0.34 [N/mm ²]
N	-42.36 [kN]	D	-25.61 [kN]	M	73.34 [kNm]
$\sigma_{c,0,d}$	0.40 [N/mm ²]	$\sigma_{v,d}$	0.36 [N/mm ²]	$\sigma_{m,y,d}$	-12.82 [N/mm ²]
$k_{c,z}$	1.00 [-]	k_m	0.70 [-]	$l_{ef,y}$	2357.50 [mm]
$\sigma_{my,crit}$	645.17 [N/mm ²]	$\lambda_{rel,my}$	0.17 [-]	$k_{crit,y}$	1.00 [-]

Project	: Seismische scan bestaande gebouwen	Boerderij Wolddijk bouwdeel B	Projectcode	13663-SAxxxx
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	con/bwk
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	19-mei-15

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Invoergegevens voor de bepaling van het ontwerp respons spectrum (DRS):

Het rekenmodel van het gebouw representeert op een vereenvoudigde manier de stijfheids- en massaverdeling over de gebouwhoogte zodat alle significante vervormings-eigenschappen en traagheidskrachten bij de beschouwde seismische belasting goed in rekening worden gebracht. Voor deze niet-lineaire berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bouwconstructie is geschematiseerd tot een enkel horizontaal belasting afdragend systeem;
- De massa's van elke vloer worden geconcentreerd in het zwaartepunt;
- Eventuele onregelmatigheid in plattegrond of aan de eigenschappen worden voor deze seismische scan buiten beschouwing gelaten;
- De elastische buig- en afschuif stijfheidseigenschappen van elementen uit beton en metselwerk worden gelijk genomen aan de helft van de corresponderende stijfheid van de ongescheurde elementen.

Gevolgklasse:	CC1b	$a_{g,ref}$:	0,41 [m/s ²]	reductiefactor :	v:	0,50 [-]
Belangklasse:	II	belangrijkeheidsfactor:	γ_1 : 1,20 [-]	PGA grenstoestand DL:	$a_{g,ref} \cdot \gamma_1 \cdot v$:	0,25 g [m/s ²]
		PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC:	$a_{g,ref} \cdot \gamma_1$:			

Resultaten dynamische berekening:

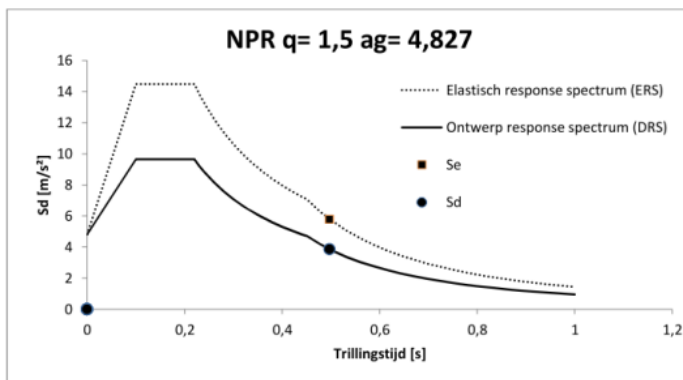
Aantal modeshapes (berekend): 1
 Aantal modeshapes (benodigd): 1

Trillingsvorm	T(s)	fe [hz]	Massa [ton]	%	Cum %	Sd [m/s ²]	Se [m/s ²]
1	0,498	2,01	100	100,0%	100,0%	3,86	5,79
2	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--

Dynamische berekening:

Gegeven de invoer worden aan de hand van de leer van de dynamica de eigenfrequenties, trillingsvormen, meewerkende massa en de cumulatieve meewerkende massa berekend. Deze data is benodigd voor de verdere berekening van de gebouw response.

Ductiele constructieve systemen zijn in staat om seismische belastingen op te nemen in het niet-lineaire gebied. In het algemeen is het toelaatbaar om bij het ontwerp of de verificatie via een equivalente elastische berekening een lagere belasting aan te houden dan de belasting overeen- komend met een volledige lineaire elastische respons. In NEN-EN 1998-1 wordt dit praktisch vormgegeven via een elastische berekening gebaseerd op een respons spectrum dat gereduceerd is ten opzichte van het elastische spectrum. Dit gereduceerde spectrum wordt in de



Ontwerp respons spectrum (DRS):

Spectrum voor de grenstoestand **NC** (Near Collapse). De constructie is zwaar beschadigd met lage reststerkte waarbij verticale elementen nog juist in staat zijn om verticale belastingen af te dragen. Het merendeel van de niet-constructieve onderdelen is bezwaken. Grote permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting.

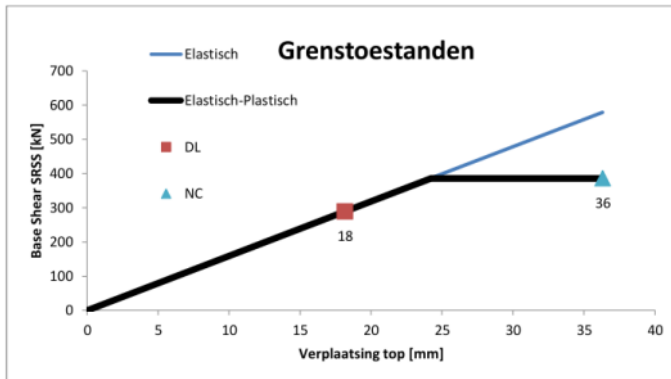
De constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand **NC**.

Elastisch respons spectrum (ERS):

Spectrum voor de grenstoestand **NC** met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstostanden".

Project	: Seismische scan bestaande gebouwen	Boerderij Wolddijk bouwdeel B	Projectcode	13663-SAxxxx
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	con/bwk
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	19-mei-15

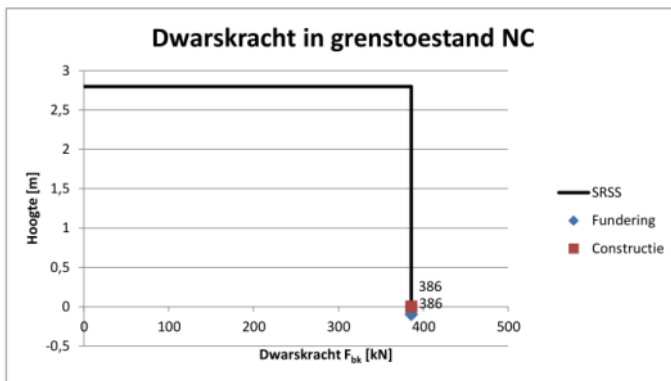
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Grenstoestanden:
Grenstoestand **NC** (Near Collapse): zie hierboven.

Grenstoestand **DL** (Damage Limitation): De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheids-eigenschappen hebben behouden. Niet dragende elementen mogen verspreid voorkomende scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar.

De niet constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand DL volgens NEN-EN 1998-1 4.4.3.2.

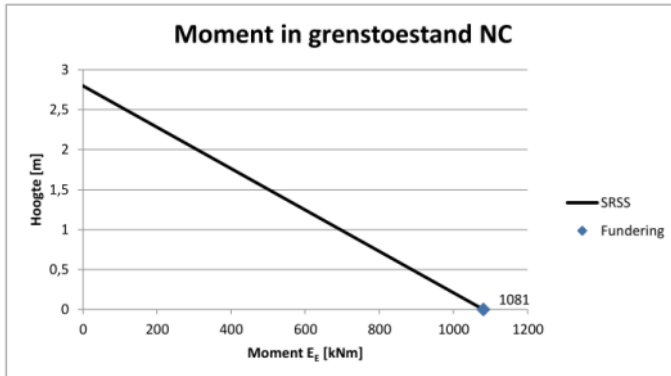


Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):
In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de NPR 9998 (4.16) luidt:

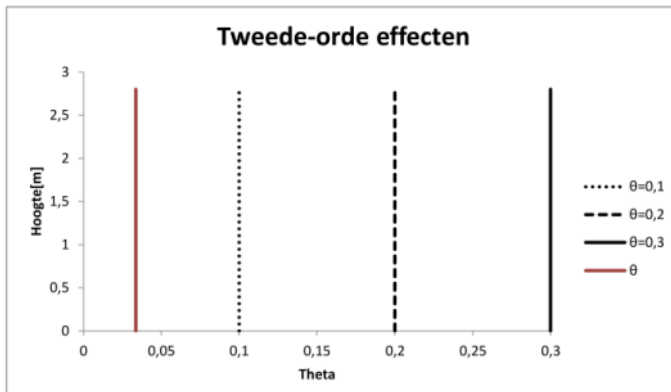
$$E_{Ei} = \sqrt{\sum (E_{Ei})^2}$$

E_{Ei} is de waarde van dit seismische belastingeffect ten gevolge van trilvorm k .

Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa m_k , behorende bij trilvorm k , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering F_{bk} werkend in de richting van de seismische belasting, kan worden geformuleerd als $F_{bk} = S_d(T_k) m_k$. In de grafiek is de hoogste waarde van F_{bk} op funderings- niveau de dwarskracht op de paalfundering en de lagere waarde de dwarskracht in de constructie op de fundering.



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):
In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de buigende momenten verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS", zie ook de grafiek "Dwarskracht in grenstoestand NC".



Tweede orde effecten (NPR 9998 4.4.2.2):
De gevoeligheid voor de relatieve verplaatsing tussen verdiepingen wordt uitgedrukt met de coëfficiënt θ . Tweede orde effecten (P- Δ effecten) hoeven niet in rekening te worden gebracht indien voor alle verdiepingen wordt voldaan aan de voorwaarde $\theta < 0,10$.

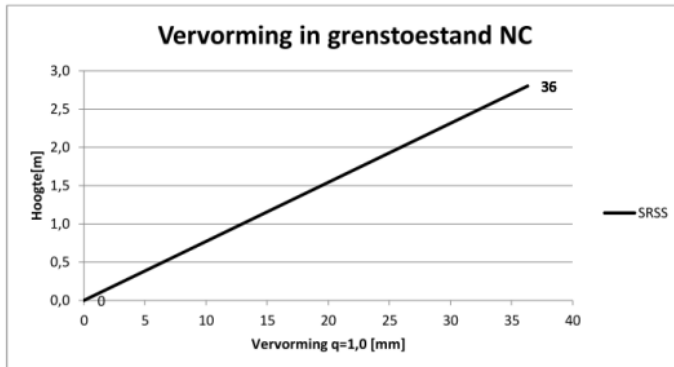
Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,1 < \theta < 0,2$ dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingeffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan $1/(1 - \theta)$.

Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,2 < \theta < 0,3$ dan moeten de tweede-orde-effecten worden bepaald door een exacte tweede-orde analyse.

De waarde van de coëfficiënt θ mag volgens de NPR 9998 echter niet groter zijn genomen dan 0,3.

Project	: Seismische scan bestaande gebouwen	Boerderij Wolddijk bouwdeel B	Projectcode	13663-SAxxxx
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	con/bwk
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	19-mei-15

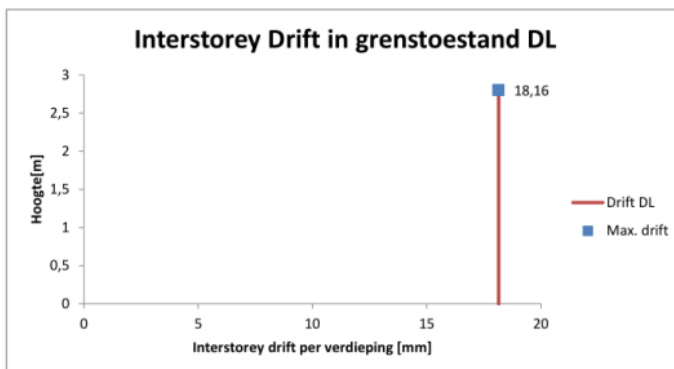
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de horizontale vervormingen weergegeven verdeeld over de hoogte voor de grenstoestand **NC**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$.

Voor de toetsing van bouwkundige elementen is de zogenaamde "interstory-drift" van belang. Dit is de verschil in verplaatsingen tussen twee opeenvolgende bouwlagen, af te lezen in de onderstaande grafiek.



Resultaat van het elastisch respons spectrum (ERS):

In de grafiek hiernaast is de relatieve verplaatsing tussen de verdiepingen, de "interstorey drift", weergegeven voor de grenstoestand **DL**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$ en vermenigvuldigd met de factor ν conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van ν is 0,5 voor gebouwen in belangklasse I en II en 0,4 voor gebouwen in belangklasse III en IV.

De Interstorey Drift is van belang voor de toetsing van leidingen, glazen onderdelen en dergelijke. De maatgevende waarde is in de grafiek aangegeven.



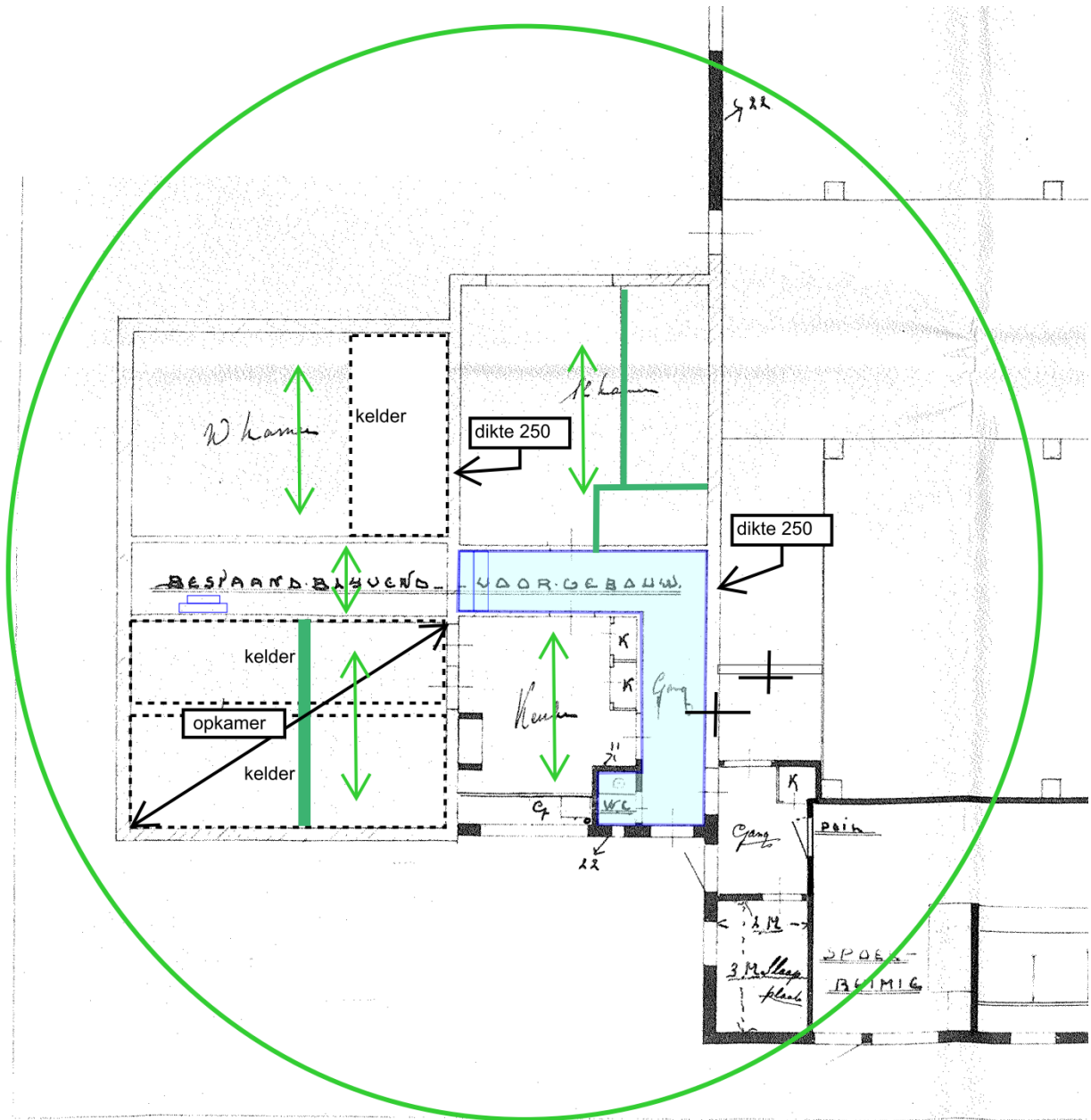
Bijlage 3

Tekeningen

- Constructief
- Bouwkundig

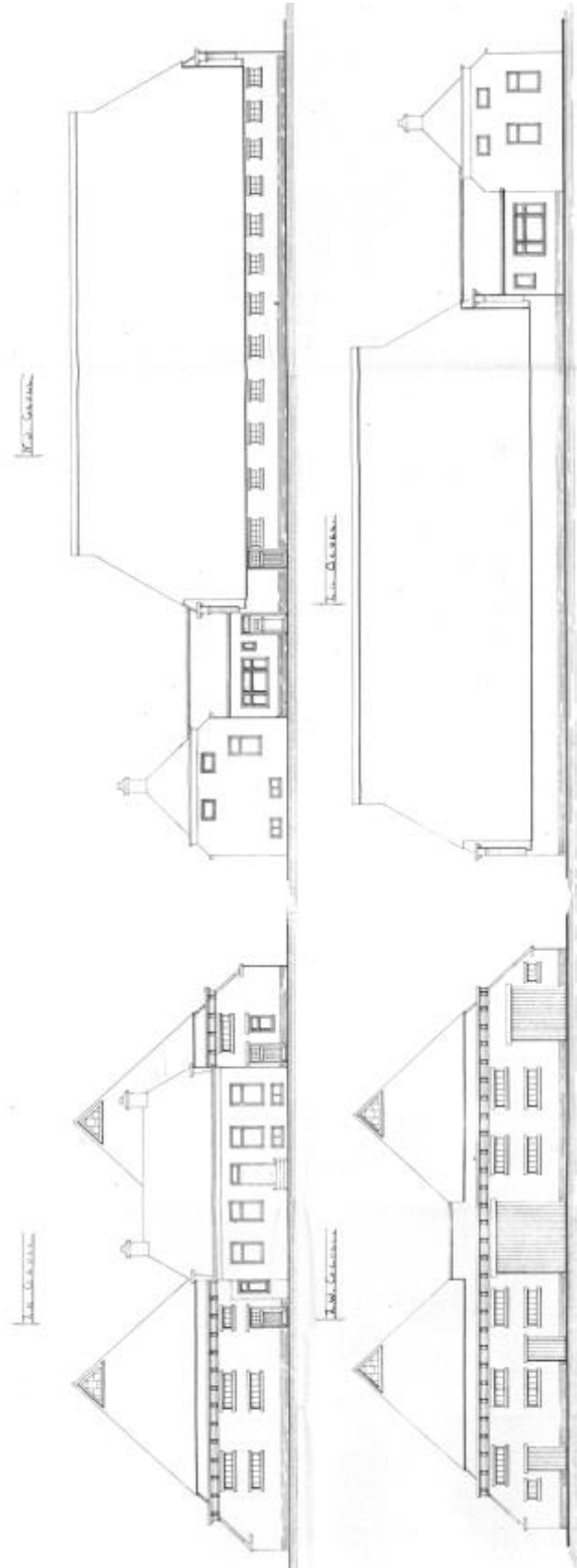
Constructief

Constructie woonhuis, zoals vastgesteld tijdens de opname.



Bouwkundig

Gevelaanzichten





Bijlage 4

Foto's

- Situatie
- Foto's

Situatie



Kaart

Bron: Google maps



Luchtfoto

Bron: Google maps



Foto's



Foto 1: Voorgevel woonhuis (Zuidwestgevel).



Foto 2: Linker zijgevel woonhuis (Zuidoostgevel) en voorgevel schuur.



Foto 3: Linker zijgevel schuur (Zuidoostgevel) met de dilatatie naar de aangrenzende bebouwing.



Foto 4: De Zuidwestgevel met links de schuur en rechts de aangrenzende bebouwing.



Foto 5: Achtergevel (Zuidwestgevel) schuur.



Foto 6: Achtergevel (Zuidwestgevel) schuur.



Foto 7: Rechter zijgevel schuur (Noordwestgevel).



Foto 8: Rechter zijgevel woonhuis en voorgevel schuur.



Foto 9: Rechter zijgevel woonhuis (Noordwestgevel).



Foto 10: Rechter zijgevel woonhuis met ingang woonhuis.



Foto 11: Houten plafond in woning.



Foto 12: Houten vloer.



Foto 13: Kelder onder de voorkamer (opkamer).



Foto 14: Kelder onder woonkamer.



Foto 15: Woonkamer met kozijn en houten plafond.



Foto 16: Houten wanden en betimmering in woonkamer.



Foto 17: Gang met aan weerszijde halfsteens wanden en een houten plafond.



Foto 18: Houten wanden en betimmering in voorkamer (opkamer).



Foto 19: Houten trap ten behoeve hoogte overgang van gang naar voorkamer (opkamer).

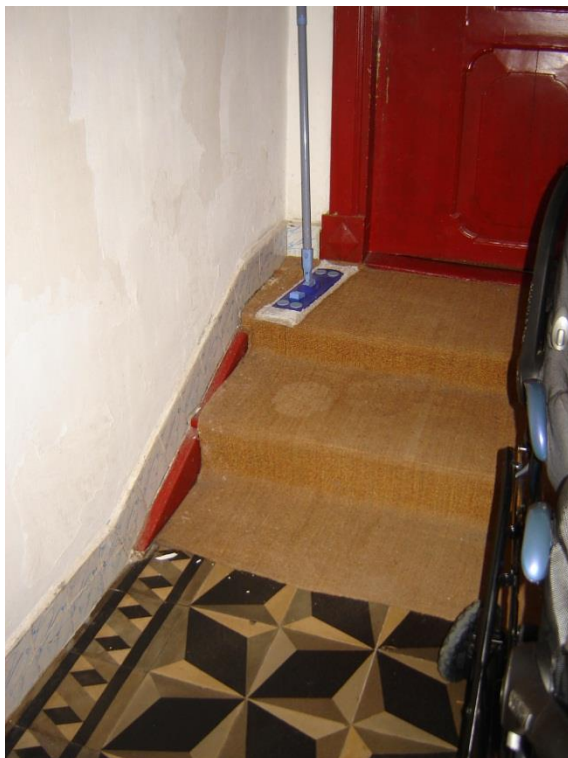


Foto 20: Houten trap in gang tussen voorhuis en verbindingsdeel.



Foto 21: Gang met steens wanden in voorhuis.



Foto 22: Keuken met kozijn, houten plafond en boiler.



Foto 23: Koegang aan Zuidwestgevel schuur met tussenvloer.



Foto 24: Oplegging balken in dragend metselwerk.



Foto 25: `Buitenzijde` van dek koegang in de schuur.



Foto 26: Kolommen en spanten in de schuur.



Foto 27: Buiten metselwerk van de schuur afgesteund met een muurplaat naar de kapconstructie.



Foto 28: Verbinding kolom aan schoren.



Foto 29: Verbinding schoor aan horizontale balk in kapconstructie.



Foto 30: Oplegging balk op kolom.



Foto 31: Voetdetail kolommen op funderingspoer.



Foto 32: Scheurvorming achtergevel schuur.



Foto 33: Horizontale scheurvorming achtergevel schuur.



Foto 34: Verzakking van hoek voorgevel van de schuur.



Foto 35: Ten gevolge van de zakking (foto 34) is het metselwerk in de zijgevel naar buiten gekomen.



Foto 36: Scheurvorming in zijgevel schuur.



Foto 37: Voegen van het trasraam van de schuur zijn niet afgevoegd.



Foto 38: Dak woonhuis met gemetselde schoorsteen. Scheurvorming boven de hanenkam.



Foto 39: Voordeur woonhuis met gemetselde trap.



Foto 40: Dak woonhuis met gemetselde schoorstenen en antenne.



Bijlage 5

Aardbevingen, achtergrondinformatie en begrippen

Aardbevingsbestendigheid Bestaande Bouw

1. Inleiding

Deze notitie geeft een toelichting op de algemene achtergrond van aardbevingsbestendigheid van Bestaande Bouw. Er wordt kort ingegaan op de algemene problematiek van aardbevingen in Groningen. Daarnaast komen de uitgangspunten waarop bestaande gebouwen worden getoetst aan bod.

1.1. *Aardbevingen in Groningen*

Recent is er grote aandacht ontstaan voor het onderwerp aardbevingen als gevolg van gaswinning en wat de eventuele gevolgen en mogelijke maatregelen kunnen zijn. De overheid en de NAM zijn op dit moment bezig met het verkennen van eventuele noodzakelijke preventieve maatregelen voor bestaande bebouwing in het risico gebied.

De overheid en de NAM spannen zich gezamenlijk in om de aardbevingsproblematiek te doorgronden en om adequate maatregelen te ontwikkelen teneinde bestaande schade te repareren en toekomstige schade zoveel mogelijk te voorkomen. De opgedane kennis is door de Rijksoverheid grotendeels vrijgegeven. Deze kennis is erg technisch en specialistisch en voor leken moeilijk te duiden. Daarnaast verschijnen in de media regelmatig artikelen van personen die hun eigen 'oplossingen' hebben om gebouwen aardbevingsbestendig te maken. Die artikelen zijn niet altijd even consistent en betrouwbaar en dat leidt tot twijfel over wat nu de beste strategie is om gebouwen beter bestand te maken tegen aardbevingen.

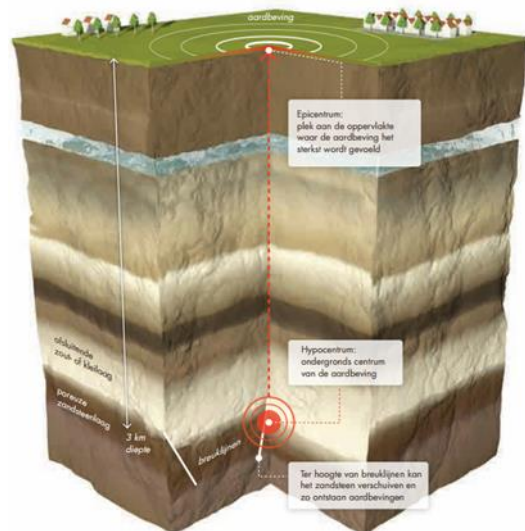
De NAM heeft een internationaal ingenieursbureau opdracht gegeven om de gevolgen van de aardbevingen op bestaande panden te onderzoeken en het ontwikkelen van nieuwe regelgeving voor "Groninger aardbevingen". In deze notitie wordt de relatie tussen aardbevingen en schade aan bebouwing uitgelegd aan de hand van de stukken die door de Rijksoverheid openbaar zijn gemaakt. Daarbij wordt niet al te diep ingegaan op de technische details.

1.2. *Aardbeving Mechanisme*

Een aardbeving is een trilling of schokkende beweging van de aardkorst. Aardbevingen zijn onder te verdelen in twee soorten:

- tektonische bevingen (ontstaan op grote diepte door natuurlijke oorzaken)
- geïnduceerde bevingen (ontstaan relatief ondiep als gevolg van kolen-, olie- of gaswinning).

De laatste treedt op in Groningen. Door het weghalen van het gas in de ondergrond treden ontstaan er lokaal drukverschillen. Deze kunnen plotseling genivelleerd worden ter plaatse van aanwezige breukvlakken.

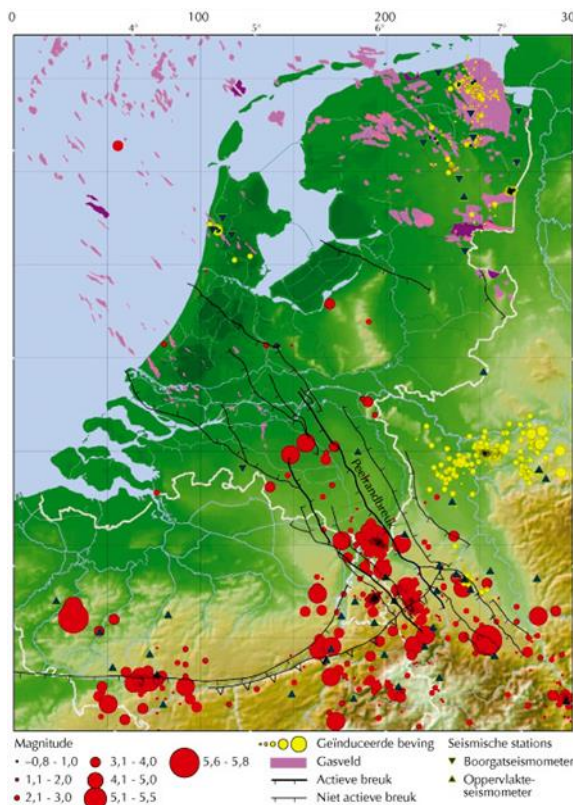


1.3.

De zwaarte van de aardbeving

In de literatuur wordt gekeken naar de zwaarste aardbeving die eens in de 475 jaar voorkomt in het betreffende gebied. Dat betekent dat er een kans van 10% is dat zo'n aardbeving voorkomt in een periode van 50 jaar (de referentieperiode van een woning).

Voor Groningen is door het KNMI berekend dat deze beving een kracht van 5 op de schaal van Richter kan hebben. De grootte van de beving geeft aan hoeveel energie er bij de beving vrijkomt. Het is een logaritmische schaal, dit betekent dat een toename van de magnitude met één, overeenkomt met een toename van ongeveer 30 keer meer energie.



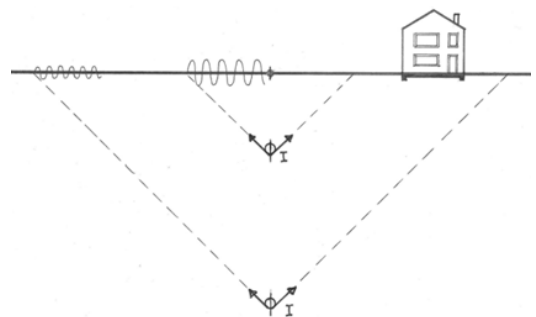
Bijgaande kaart toont de aardbevingen in en rond Nederland. In Groningen is sprake van geïnduceerde bevingen door gaswinning. De geïnduceerde aardbevingen zijn aangeduid met gele stippen. De relatieve grootte van de stip geeft de orde van grootte van de gemeten magnitude aan.

De schaal van Richter geeft echter geen duidelijkheid hoe we de aardbeving beleven aan het aardoppervlak. Er zijn wel tabellen die aangeven welke schade verwacht kan worden bij een bepaalde magnitude, maar die gaan uit van een tektonische aardbeving. Het hypocentrum (het hart van de aardbeving) van een tektonische aardbeving ligt gemiddeld op 30 kilometer onder het aardoppervlak. Voor de geïnduceerde aardbevingen in Groningen ligt het hypocentrum veel hoger, namelijk op een diepte van circa 3 km.

1.4.

De diepte van de aardbeving

Omdat het hypocentrum hoger ligt dan bij een tektonische beving, wordt de energie van de beving over een kleiner gebied van het aardoppervlak verdeeld. Hierdoor zijn de trillingen aan het aardoppervlak groter en zijn ook de gevolgen van een geïnduceerde aardbeving heftiger dan bij een tektonische beving met een vergelijkbaar magnitude. Een geïnduceerde aardbeving heeft dus een relatief kleiner verspreidingsgebied, maar de piek-grondversnellingen zijn hier relatief groter; korter van duur en hoogfrequent.



2. Regelgeving

2.1. *Bouwbesluit*

Elk gebouw in Nederland moet voldoen aan het bouwbesluit. Het bouwbesluit stuurt een aantal normen aan waarin de technische uitgangspunten staan geformuleerd. Tot op heden zijn er géén eisen gesteld aan de aardbevingsbestendigheid van gebouwen.

Het huidige bouwbesluit (2012) schrijft de Eurocode als norm voor. De Eurocode kent weliswaar een specifieke aardbevingsnorm (Eurocode 8; NEN-EN 1998), maar deze is niet bindend. Normaal gaan de Eurocodes vergezeld van een nationale bijlage, waarin het betreffende land specifieke aanvullingen kan geven. Er zijn voor Nederland géén nationale bijlages bij de genoemde Eurocode 8 norm.

2.2. *NPR 9998*

In februari 2015 is een concept versie van de NPR 9998 (Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen) uitgegeven. Deze NPR zal op termijn uitmonden in een Nationale Bijlage bij de Eurocode 8. Er wordt verwacht dat de NPR in het najaar van 2015 als definitief uitgegeven zal worden.

Het is op dit moment nog niet bekend of vanaf dat moment de NPR ook door het bouwbesluit zal worden aangewezen. Vooral niet aangezien dat grote consequenties voor bestaande bouw zou kunnen hebben.

De nu in de (concept-)NPR vastgelegde "importance"-factoren voor nieuwbouw wijken nauwelijks af van die voor bestaande bouw. Dat betekent dat aan nieuwe en bestaande gebouwen nagenoeg dezelfde eisen naar veiligheid worden gesteld. Aangezien slechts weinig van de bestaande gebouwen op aardbevingsbestendigheid ontworpen zijn, kan dit grote gevolgen hebben voor de huidige bouwvoorraad. Vooral in het kerngebied van de aardbevingen.

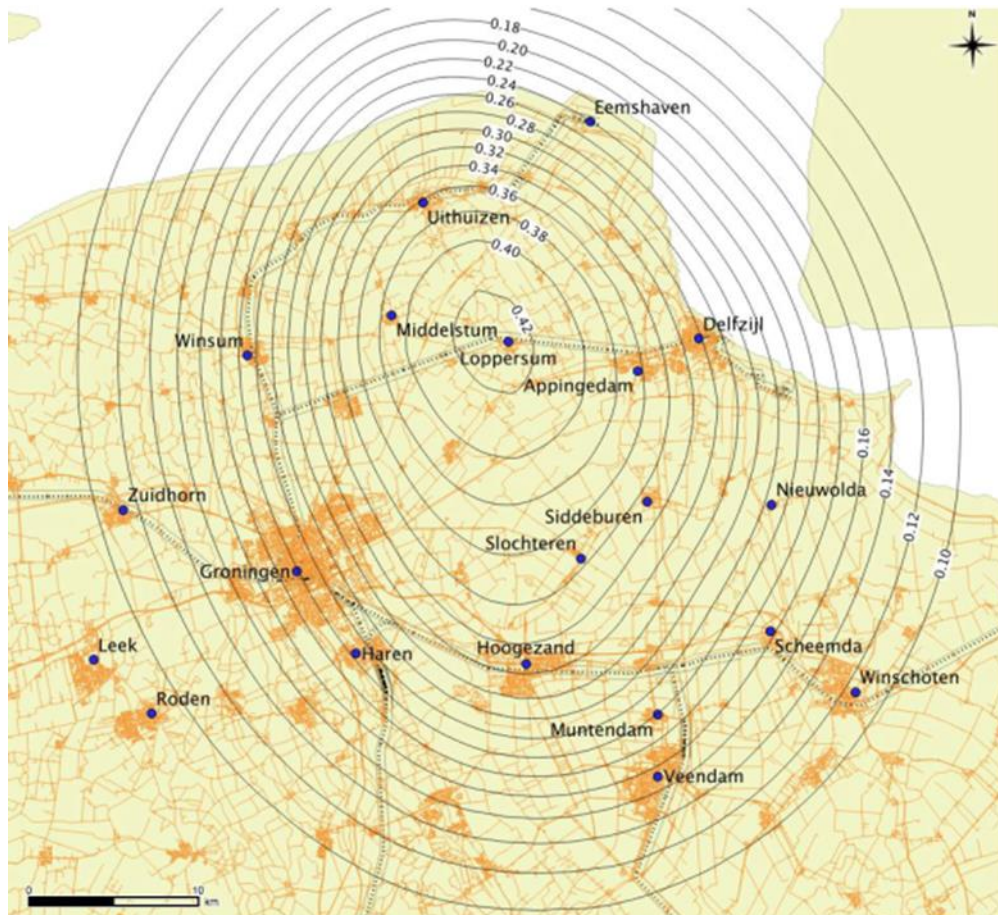
2.3. *Toetsing conform de voorlopige NPR 9998 d.d. februari 2015*

Rekenkundig wordt een aardbeving gezien als een 'bijzondere belasting'. Om te beoordelen of een constructie bestand is tegen een aardbeving dient deze te worden berekend op de belastingen die door de normen zijn voorgeschreven.

De belasting volgen uit de zwaarte van de verwachte aardbeving. Zoals eerder toegelicht is de magnitude volgens de schaal van Richter echter geen geschikte maatstaf om de belasting te verkrijgen.

De belasting op de gebouwen kan worden berekend met de verwachte versnelling van de grond onder het gebouw. Dit wordt veelal uitgedrukt met een zogenaamde referentie piekgrondversnelling ($a_{g,ref}$) op een rotsachtige bodem (grondtype A). De referentie piekgrondversnelling, vastgesteld door de Nationale Autoriteiten, geldt voor een referentieperiode van de seismische activiteit (475 jaar volgens Eurocode 8) bij een aanvaardbaar veiligheidsrisico ('Near Collapse'), wat equivalent is aan een zekere overschrijdingskans in 50 jaar (10% volgens Eurocode 8).

Onderstaande figuur toont de contourplot specifiek voor het gebied in Groningen met de voorziene maximale grondversnellingen op maaiveld (eveneens uitgedrukt in $a_{g,ref}$ eenheid [g]) voor een overschrijdingskans van 0,2 % per jaar (bron: KNMI).



De belastingen die volgen uit deze versnellingen dienen verhoogd te worden, afhankelijk van het risico op persoonlijk letsel en het risico op financiële schade. Hiertoe zijn gebouwen ingedeeld in meerdere categorieën. In het algemeen kunnen deze categorieën als volgt worden samengevat:

Categorie (CC = Consequence Class)	Gebouw
CC1A	schuur of bedrijfshal
CC1B	woningen
CC2	kantoorgebouwen
CC3	bijeenkomst gebouwen met kans op de aanwezigheid van meer dan 500 personen of kritische gebouwen t.b.v. de hulpverlening.

3. Aardbevingsbestendig bouwen

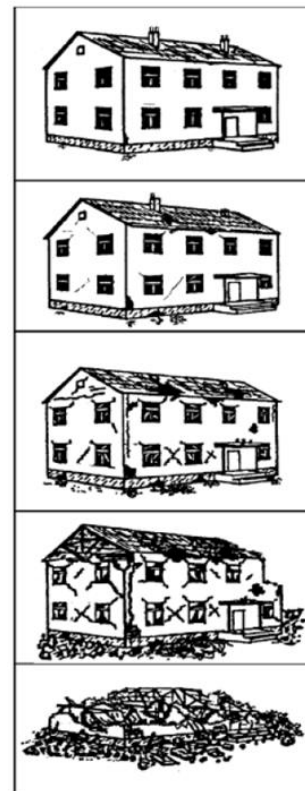
3.1. Algemene risico's bij aardbevingen

Aardbevingen kennen twee belangrijke risico's:

1. veiligheidsrisico voor mensen die getroffen worden door vallende bouwdelen of zelfs bedolven worden onder puin
2. schaderisico aan gebouwen variërend van lichte scheurvorming tot blijvende ontwrichting of zelfs gehele instorting

Verder zijn er drie toestanden waarop het gebouw beoordeeld kan worden:

- **Damage Limitation (DL):** De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheidseigenschappen hebben behouden. Niet-dragende elementen mogen verspreid kleine scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar. De constructie zelf behoeft geen reparatie.
- **Significant Damage (SD):** De constructie is aanzienlijk beschadigd met enige reststerkte, waarbij verticale elementen nog in staat zijn verticale belastingen af te dragen. De niet-constructieve onderdelen zijn beschadigd waarbij niet-dragende scheidingswanden en invulpanelen niet uit hun vlak zijn gekomen. Gematigde permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat naschokken, mits gematigd in zwaarte zonder verdere beschadigingen kunnen worden weerstaan. Bij overschrijden van deze grenstoestand loont het waarschijnlijk niet de moeite over te gaan tot herstel.
- **Near Collapse (NC):** De constructie is zwaar beschadigd, maar de constructie is nog in staat zijn verticale belastingen af te dragen. Er zijn wel grote vervormingen opgetreden. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting. Bij overschrijding van de grenstoestand treedt bezwijken op en moet op slachtoffers worden gerekend.



Op termijn zal het bouwbesluit zeker gaan toetsen op grenstoestand "Near Collapse", aangezien dit een primair veiligheidsrisico betreft. Als een aardbeving plaatsvindt, moeten mensen de tijd hebben het gebouw veilig te verlaten en mogen gebouwen die op aardbevingen berekend zijn niet instorten. Als we hierna spreken over 'aardbevingsbestendig' bedoelen we dat het veiligheidsrisico aanvaardbaar is (Near Collapse). Dit betekent niet dat het gebouw elke aardbeving zonder schade zal doorstaan. Met name bij de zware aardbevingen kan schade verwacht worden, maar de veiligheid moet gegarandeerd blijven.

Toetsing op het schaderisico (Damage Limitation) betreft niet direct een veiligheidsrisico voor de constructie. Het gaat er meer om dat bij beperkte aardbevingen de constructie nauwelijks aangetast wordt en de bouwkundige schade beperkt blijft. Maar onder deze noemer is het goed mogelijk de bouwkundige onderdelen op veiligheid voor de gebruikers te toetsen. Ongeacht de sterkte van de structuur bij een grote aardbeving moet er ook gekeken worden of er bij een kleinere aardbeving de veiligheid van de gebruikers kan worden gegarandeerd.

3.2.

Aardbevingsbestendige constructie

Omdat gebouwen in Groningen voorheen niet in een aardbevingsgebied lagen, is bij het ontwerp van de gebouwen geen rekening gehouden met bevingen. Dit betekent dat bij toetsing van het gebouw op seismische belastingen naar voren zal komen dat diverse onderdelen niet voldoen. In welke mate deze onderdelen niet voldoen kan door specifiek nader onderzoek bepaald worden.

Een aardbeving draagt veel energie over op het gebouw. Het gebouw neemt deze energie op, maar mag niet bezwijken. Je zou dit kunnen vergelijken met een kreukelzone in een auto.

Je hebt een kreukelzone nodig om de energie van een botsing op te nemen. De kreukelzone bestaat uit een (stalen) structuur die veel vervormt en hierdoor energie kan opnemen. Tegelijkertijd zorgt een stalen kooi rond de inzittenden ervoor dat zij beschermd worden. Deze constructie is extra sterk.



In een gebouw moet hetzelfde worden gedaan. Er zijn seismische structuren nodig die de energie van de aardbeving op kunnen nemen. Tegelijkertijd moeten de niet-seismische onderdelen versterkt worden zodat zij zeker niet zullen bezwijken.

Dit kan betekenen dat er aan een bestaand gebouw nieuwe structuren moeten worden toegevoegd die energie moeten opnemen. Of bestaande structuren moeten zodanig "taai" worden gemaakt dat ze seismische energie opnemen. De elementen die niet de energie opnemen mogen niet eerder bezwijken dan de seismische elementen. Dit kan ook versterking noodzakelijk maken.

